การเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริง เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวิชาเคมี

ฝ่ายหอสมุด สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

กุมารินทร์ ชาลีแสน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

HANDS-ON LEARNING OF STOICHIOMETRY USING THE REACTION BETWEEN CARBONATE COMPOUNDS AND ACIDS FOR ENHANCING GRADE 10 STUDENT'S UNDERSTANDING IN CHEMISTRY

KUMARIN CHALEESAEN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

MAJOR IN SCIENCE EDUCATION

FACULTY OF SCIENCE

UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2016

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริง เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวิชาเคมี

ผู้วิจัย นางสาวกุมารินทร์ ชาลีแสน

คณะกรรมการสอบ

ดร.กุลธิดา นุกูลธรรม	ประธานกรรมการ
ดร.สุภาพ ตาเมือง	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสนอ ชัยรัมย์	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....สุภาพ ตาเมือง.....

(ดร.สุภาพ ตาเมือง)

.....ชริดา ปุกหุต.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชริดา ปุกหุต)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2560

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาอย่างดียิ่งจาก ดร.สุภาพ ตาเมือง ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสนอ ชัยรัมย์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบและชี้แนะข้อพกพร่องต่าง ๆ อันมีคุณค่ายิ่ง ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินงาน และการเขียนรายงานการวิจัย การแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ สนับสนุนให้กำลังใจ และความช่วยเหลือในการวิจัยแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ดร.กุลธิดา นุกุลธรรม ที่ได้กรุณาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่มีคุณค่ายิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่กรุณาให้ความรู้และสละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะในการศึกษาตลอดระยะเวลาการศึกษาในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พร้อมทั้งให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา ทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีคุณค่าและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาในระดับปริญญาโท ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร คณะครู โรงเรียนโนนสูงศรีธานี อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ พร้อมทั้งเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

คุณค่าอันพึงมีจากการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบแด่บิดา-มารดา ครูอาจารย์ที่เคารพอย่างสูงยิ่ง หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้ด้วยความขอบคุณยิ่ง

กุมารินทร์ ชาลีแสน
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : การเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริง เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวิชาเคมี

ผู้วิจัย : กุมารินทร์ ชาลีแสน

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.สุภาพ ตาเมือง

คำสำคัญ : การลงมือปฏิบัติจริง, ปริมาณสารสัมพันธ์, ข้อสอบชนิดตัวเลือกสี่ลำดับขั้น, ชุดการทดลอง, วิชาเคมี

งานวิจัยนี้ศึกษาการเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริง เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวิชาเคมี ชุดการทดลองนี้ใช้อุปกรณ์อย่างง่าย ใช้สารเคมีในชีวิตประจำวัน สารประกอบคาร์บอเนตจะทำปฏิกิริยากับกรดแอซิติกแล้วได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งสามารถวัดได้โดยตรงจากการใช้กระบอกฉีดยาโดยไม่ต้องอาศัยการแทนที่น้ำ เมื่อใช้ปริมาณกรดคงที่ ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์บอเนตที่ใช้ สำหรับการดำเนินการวิจัยทางการศึกษากลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 45 คน โรงเรียนโนนสูงศรีธานี อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 การออกแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มเดียวมีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนได้แก่ ข้อสอบวัดความเข้าใจชนิดตัวเลือกสี่ลำดับขั้น แบบประเมินความสามารถทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความพึงพอใจ ผลการวิจัยพบว่า จากข้อสอบวัดความเข้าใจชนิดตัวเลือกสี่ลำดับขั้น นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณสารสัมพันธ์ หลังเรียน (เฉลี่ย 6.38) สูงกว่าก่อนเรียน (เฉลี่ย 2.53) นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก (เฉลี่ย > 3.67) จากแบบสอบถามความพึงพอใจ นักเรียนยังมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก ดังนั้น งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริง เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรดสามารถช่วยการส่งเสริมความรู้ความเข้าใจของนักเรียนในวิชาเคมีได้เป็นอย่างดี

ABSTRACT

TITLE : HANDS-ON LEARNING OF STOICHIOMETRY USING THE REACTION BETWEEN CARBONATE COMPOUNDS AND ACIDS FOR ENHANCING GRADE 10 STUDENT'S UNDERSTANDING IN CHEMISTRY

AUTHOR : KUMARIN CHALEESAEN

DEGREE : MASTER OF SCIENCE

MAJOR : SCIENCE EDUCATION

ADVISOR : SUPARB TAMUANG, Ph.D.

KEYWORDS : HANDS-ON, STOICHIOMETRY, FOUR-TIER DIAGNOSTIC TEST EXPERIMENTAL, CHEMISTRY

This study's aim was to implement hands-on learning of stoichiometry using the reaction between carbonate compounds and acids for enhancing grade 10 student's understanding in chemistry. Simple equipment and chemicals in daily life, were used in this research. Carbonates react with acetic acid to form carbon dioxide (CO_2) gas, which was directly measured using a syringe without the displacement of water. When the amount of vinegar was fixed, the volume of CO_2 gas generated from the reaction was dependent on the amount of carbonates used. For conducting research in education, the sample in this study was 45 grade-10 students, who were studying at Nonsungsritani School, Nonsung, Nakhonratchasima during the second semester of academic year 2016. The research design is based on one group pretest–posttest design. The instruments used to investigate the students' understanding consisted of the four-tier diagnostic tests (FTDT), basic experimental skill observation form and questionnaire. The results in this study revealed that, from FTDT, students had an understanding in the concept of stoichiometry after learning (Postest mean 6.38) more than before (Pretest mean 2.53) From basic experimental skill observation form, most students gained science process skills in a good level (mean > 3.67). From questionnaire, students also enjoyed hands-on learning of stoichiometry using the reaction between carbonate compounds and acids in a highest level. Therefore, this research indicated that hands-on learning of stoichiometry using the reaction

between carbonate compounds and acids were useful for enhancing students' learning in chemistry.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	7
2.2 การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry)	9
2.3 การเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on)	12
2.4 แบบวัดความเข้าใจตัวเลือก 4 ลำดับขั้น (4-tier diagnostic tests)	13
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
2.6 การหาปริมาตรของแก๊ส	27
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การพัฒนากิจกรรมการลงมือปฏิบัติการทดลองโดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด	30
3.2 การพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์	33
3.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย	33
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	34
3.5 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ	39
3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล	42

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล	43
บทที่ 4 ผลการวิจัย และอภิปรายผล	
4.1 การพัฒนากิจกรรมการทดลอง เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรด	45
4.2 การพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา	48
4.3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on)	61
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	65
5.2 ข้อเสนอแนะ	66
เอกสารอ้างอิง	**67**
ภาคผนวก	
ก คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	75
ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้	79
ค ชุดปฏิบัติการทดลองการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตและกรด เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์	96
ง เกณฑ์การวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	107
จ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ แบบปรนัย 4 ลำดับขั้น (4-tier diagnostic tests)	109
ฉ การวิเคราะห์ความเข้าใจของนักเรียน	123
ช แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน	133
ซ เผยแพร่ผลงานวิจัย	136
ญ ภาพประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดการทดลองการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับน้ำส้มสายชูโดยใช้กระบอกฉีดยา	153
ประวัติผู้วิจัย	**158**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าความดันไอของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ	28
3.1	เนื้อหาและเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด	34
3.2	จำนวนชั่วโมงเรียนและกิจกรรมการเรียนรู้หลักในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้	34
3.3	จำนวนข้อสอบแบ่งตามเนื้อหา และระดับของข้อสอบแบ่งตาม Bloom's Taxonomy	35
3.4	ระดับความมั่นใจสำหรับตัวเลือก	36
3.5	ระดับความมั่นใจสำหรับวิธีการคำนวณ	37
3.6	เกณฑ์การให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	37
3.7	ข้อคำถามในแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ แยกตามประเด็นการประเมิน	38
3.8	ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์	41
3.9	เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้	44
4.1	จำนวนนักเรียน คะแนนต่ำสุด คะแนนสูงสุด ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ) ของนักเรียนที่ตอบถูกก่อนเรียนและหลังเรียน ผลต่างของคะแนนเฉลี่ย	48
4.2	ค่าร้อยละของนักเรียนที่ตอบตัวเลือกถูก ก่อนเรียนและหลังเรียน	50
4.3	ค่าร้อยละของนักเรียนที่ตอบตัวเลือกถูก ตอบเหตุผลถูก และตอบตัวเลือกและเหตุผลถูก ก่อนเรียนและหลังเรียน	51
4.4	ร้อยละความมั่นใจในการตอบคำถามก่อนเรียนหลังเรียนของนักเรียน	53
4.5	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยประเมินการสังเกต	58
4.6	ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนด้านการสอน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ (N = 45)	61
4.7	ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนด้านกิจกรรมการทดลองเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ (N = 45)	62
4.8	ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนด้านประโยชน์ต่อนักเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ (N = 45)	63

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ก.1	ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์กับจุดประสงค์	77
ก.2	ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์	78
ง.1	เกณฑ์การวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	108
ฉ.1	คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน คะแนนเต็ม 10 คะแนน	124
ฉ.2	คะแนนของนักเรียนที่ตอบตัวเลือกถูก ตอบเหตุผลถูก และตอบตัวเลือกและเหตุผลถูก ในแต่ละข้อก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 45)	126
ฉ.3	จำนวนนักเรียนที่มั่นใจในการตอบคำถามในตัวเลือก	127
ฉ.4	จำนวนนักเรียนที่มั่นใจในการตอบคำถามในเหตุผล	128
ฉ.5	จำนวนนักเรียนที่มั่นใจในการตอบคำถามในตัวเลือกและเหตุผล	129
ฉ.6	คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยการสังเกต	130
ฉ.7	ระดับความพึงพอใจของนักเรียนแต่ละคน	131

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แบบจำลองโครงสร้างโมเลกุล (Model kit) ของโปรตีน	14
2.2	ตัวอย่างสื่อการเรียนรู้ (a) กล่องธาตุ (b) การบรรจุธาตุในตารางธาตุ	14
2.3	วัตถุรูปทรงต่างๆ ที่นำมาหาจุดศูนย์กลางมวล	19
2.4	รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยทีโฟว์กระดาษ	23
2.5	รูปแบบการเรียนการสอนเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์	26
2.6	กิจกรรมการวาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของสมการเคมีในระดับอนุภาค (BPW)	27
2.7	การจัดอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาปริมาตรของแก๊ส	29
3.1	ตัวอย่างสารเคมีและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดการทดลอง	31
3.2	ขั้นตอนการทดลองสำหรับปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชู	32
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) กับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้น เมื่อใช้ปริมาตรของน้ำส้มสายชู 2 มิลลิลิตร	46
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) กับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้น เมื่อใช้ปริมาตรของน้ำส้มสายชู 2 มิลลิลิตร	47
4.3	ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ที่นักเรียนตอบตัวเลือกถูก แต่เดาคำตอบ ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ เดาวิธีการคำนวณ (นักเรียนไม่มีความรู้ความเข้าใจ)	56
4.4	ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ที่นักเรียนตอบตัวเลือกถูก มั่นใจในคำตอบ สามารถอธิบายเหตุผลได้ มั่นใจวิธีการ คำนวณ (นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ)	57
4.5	ตัวอย่างการบันทึกผลการทดลองที่นักเรียนบันทึกได้ถูกต้อง ครบถ้วนตามการทดลอง	59
4.6	ตัวอย่างการนำผลที่ได้จากการทดลองมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างน้ำหนักของสารประกอบคาร์บอเนต และปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.7	ตัวอย่างการแปลผลที่ได้จากกราฟและการตอบคำถามท้ายการทดลองมาสรุปและอภิปรายผลการทดลอง	60
ค.1	ตัวอย่างสารเคมีและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดการทดลอง	98
ค.2	ขั้นตอนการทดลองสำหรับปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชู	99
ญ.1	ตัวอย่างอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	154
ญ.2	นักเรียนทำการชั่งสารประกอบคาร์บอเนต	154
ญ.3	นักเรียนแต่ละกลุ่มปิเปตต์น้ำส้มสาบชูเพื่อใส่ลงไปในขวดรูปชมพู่	155
ญ.4	นักเรียนจัดชุดอุปกรณ์ให้พร้อม	155
ญ.5	นักเรียนทำการเขย่าเพื่อให้สารทำปฏิกิริยากัน	156
ญ.6	นักเรียนสังเกตปฏิกิริยา ดูปริมาณของแก๊สที่เกิดขึ้นจากกระบอกฉีดยา และบันทึกผลการทดลอง	156
ญ.7	นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน	157
ญ.8	นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน	157

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจได้โดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้นสามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างมีเหตุมีผลสร้างสรรค์และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงควรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด กล่าวคือ ให้ผู้เรียนได้รู้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ ตามแนวการจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 มาตรา 22 ที่ระบุไว้ว่า “การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุดกระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ” (กระทรวงศึกษาธิการ, 2542) แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกปฏิบัติให้คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น รักการอ่านและเกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง แต่ปัญหาหลักในการสอนวิทยาศาสตร์คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่เนื้อหาเพื่อให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียน ในทำนองเดียวกันระบบการวัดและประเมินผล และรูปแบบการสอบเข้าเรียนต่อทุกระดับชั้นของประเทศไทยมุ่งเน้นที่ความรู้ความจำเป็นหลัก จึงทำให้นักเรียนต้องเรียนวิทยาศาสตร์แบบท่องจำมากกว่าการคิดแก้ปัญหาตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากการที่ผู้ปกครองส่งเสริมให้นักเรียนเข้าเรียนในโรงเรียนกวดวิชาหรือสถาบันสอนพิเศษต่าง ๆ มากมาย (วรนุช เชื้ออ่อน และเสนอ ชัยรัมย์, 2557)

วิชาเคมีเป็นวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญมากสาขาหนึ่ง และเกี่ยวข้องกับการดารงชีวิตของมนุษย์ตลอดเวลา ทั้งนี้เพราะเนื้อหาวิชาเคมีเกี่ยวข้องกับชีวิตประจาวัน และสภาพแวดล้อม ความรู้ในวิชาเคมีจะช่วยให้เราเข้าใจเรื่องราวต่าง ๆ ของสารที่อยู่รอบ ๆ ตัวนอกจาก นั้นยังได้มีการนำความรู้

เกี่ยวกับวิชาเคมีมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท (ประเสริฐ พูลผล, 2554) จะเห็นได้ว่าวิชาเคมีมีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับมนุษย์เป็นอย่างมาก อีกทั้งนักเรียนส่วนใหญ่ต้องใช้วิชาเคมีในการสอบเข้ามหาวิทยาลัย (อุบลวดี อดิเรกตระการ, 2556) แต่เนื่องจากวิชาเคมีเป็นเนื้อหาที่เข้าใจยาก เป็นนามธรรม ผู้เรียนจึงไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางจุลภาคพื้นฐานที่เกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมกับสมบัติของธาตุและสสาร ทำให้ไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาวิชาเคมีที่ซับซ้อนขึ้นไปได้ (Canan & Tekin, 2006) โดยเฉพาะเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานของการเรียนวิชาเคมีในหัวข้ออื่น ๆ เช่น สมการเคมี ปฏิกิริยาเคมี สมดุลเคมี (Wheeler and et.al., 1978) ประกอบกับการจัดการเรียนรู้ของครูยังเป็นแบบครูเป็นศูนย์กลาง มีความน่าสนใจน้อย และไม่ค่อยมีการทดลองหรือกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริงนักเรียนจึงขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสิ่งที่จะทำให้นักเรียนได้มีความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น จึงทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ (ปาริชาติ คงศรี, 2554)

จากปัญหาในชั้นเรียนดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า จำเป็นอย่างยิ่งที่โรงเรียนจะต้องมีเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ตลอดจนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้เต็มศักยภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (กมลนุช ไชยมัชชิม และเสนอ ชัยรัมย์, 2557) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry approach) สามารถพัฒนาทักษะความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ เนื่องจากเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถเชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียนที่มีมาก่อนกับสิ่งใหม่ที่กำลังเรียนรู้ ตลอดจนพัฒนาให้มีทักษะความรู้ในขั้นที่สูงขึ้นที่ต่อเนื่องและสัมพันธ์กันได้เป็นอย่างดีโดยทั่วไป รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แบบ 5E (5E Inquiry process) จัดเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นคำอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมินผล (Evaluation) ตามลำดับ ซึ่งเป็นรูปแบบการสอนที่มีการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ค่อนข้างชัดเจน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรม และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยครูอำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย ดังนั้นครูจึงต้องมีการพัฒนาการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนค้นพบตัวเองมากที่สุด (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยเฉพาะรายวิชาเคมีในเนื้อหาที่มีปฏิบัติการ สามารถช่วยพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ขั้นตอนของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นพื้นฐานที่ช่วยให้นักเรียนรู้จักการคิดเชื่อมโยงกัน การคิดวิจารณญาณ และสร้างเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเอง นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้เช่นนี้ยังมีความเหมาะสมกับผู้เรียนหลายระดับ เพราะช่วยให้ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำ

มีมโนมติในเรื่องที่เรียนได้ดีขึ้นและพัฒนาสติปัญญาขั้นสูงสำหรับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์สูงด้วย (ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2554)

มีงานวิจัยหลายชิ้นที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้กิจกรรมเน้นปฏิบัติจริง (Hands-on) ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เช่น การศึกษาการใช้การสอนแบบปฏิบัติจริงเพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องรูปร่างโมเลกุล ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ นักเรียนมีกระบวนการคิดและทักษะการเรียนรู้พื้นฐาน 3 ด้าน คือ ทักษะการสังเกต การวิเคราะห์ และการคิดอย่างมีเหตุผล นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติจริงอยู่ในระดับมาก (ธรรมนูญ ผ่านสำแดง, 2554) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นปฏิบัติจริงเพื่อพัฒนาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการเปลี่ยนแปลงสารและการแยกสาร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 การศึกษาค้นคว้าพบว่า ผลสัมฤทธิ์หลังการจัดการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติจริง (Hands–on) มีค่าเฉลี่ย 22.69 (SD 2.15) โดยเพิ่มจากผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนที่มีค่าเฉลี่ย 8.44 (SD 2.22) คิดเป็นคะแนนความก้าวหน้า 14.25 หรือร้อยละ 46.67 จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย dependent t-test พบว่า ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) นอกจากนี้ นักเรียนยังมีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับสูง (mean 4.68, SD 0.50) และมีความสามารถทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับดี (mean 3.75, SD 0.77) (ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2554ก) จะเห็นได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริง (Hands-on) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ควบคู่กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน นอกจากนี้ ผู้เรียนยังมีเจตคติที่ดีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริงอีกด้วย (ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2554ข)

จากหลักการและเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และการจัดการเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on) เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียน ด้วยชุดการทดลองเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรด เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนให้สูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา

1.2.2 เพื่อเข้าใจแนวคิดของนักเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบความมั่นใจในการตอบคำถาม เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา

1.2.4 **เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์** โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา สูงขึ้น

1.2.2 ความเข้าใจแนวคิดของนักเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา มีแนวคิดที่ถูกต้องเพิ่มขึ้น

1.2.3 ความมั่นใจในการตอบคำถาม เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา มีความรู้ความมั่นใจในการตอบคำถามสูงกว่าก่อนเรียน

1.2.4 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา อยู่ในระดับมาก

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.4.1.1 ประชากร

ประชาการที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1-4/4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนโนนสูงศรีธานี อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 31 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 183 คน

1.4.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนโนนสูงศรีธานี อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา สังกัดสำนักงาน

เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 31 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวนนักเรียน 45 คน

1.4.2 ตัวแปรที่ศึกษา

1.4.2.1 **ตัวแปรต้น คือ ชุดการทดลองการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรด เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์**

1.4.2.2 ตัวแปรตาม คือ

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
2) ความเข้าใจแนวคิด
3) ความมั่นใจในการตอบคำถาม
4) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
5) ความพึงพอใจ

1.4.3 ระยะเวลาในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

1.4.4 เนื้อหาในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหาในวิชาเคมี 2 เพิ่มเติม ว30222 **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4** ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 9 ชั่วโมง ดังนี้

1.4.4.1 ความสัมพันธ์ของสารในสมการเคมี จำนวน 3 ชั่วโมง
1.4.4.2 สารกำหนดปริมาณ จำนวน 3 ชั่วโมง
1.4.4.3 ผลได้ร้อยละ จำนวน 3 ชั่วโมง

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 การทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา หมายถึง ชุดอุปกรณ์การทดลองที่ใช้กระบอกฉีดยาเพื่อวัดปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรด เพื่อให้นักเรียนได้ทำการทดลอง ในการเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

1.5.2 การลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on) หมายถึง การทดลองที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมดังกล่าว จะทำให้สังเกตผลที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำไปสู่การถามคำถาม การอธิบาย การอภิปราย หาข้อสรุป และการศึกษาต่อไป กิจกรรมลักษณะนี้จึงส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและฝึกคิดนำมาสู่การสร้างความรู้ด้วยตนเองด้วยความเข้าใจและมีความหมาย

1.5.3 ความเข้าใจของนักเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ของนักเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

1.5.4 **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้ฝึกในการเรียน** เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ได้แก่ ทักษะการวางแผนขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง ทักษะการสังเกตและบันทึกผลการทดลอง ทักษะการแปลผลและสรุปผลการทดลอง ทักษะการนำเสนอผลการทดลอง

1.5.5 ความพึงพอใจ หมายถึง ระดับความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา แบ่งออกเป็น 3 ด้าน 1) ด้านการสอน 2) กิจกรรมการทดลอง และ 3) ด้านประโยชน์ต่อนักเรียน โดยใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 นักเรียนสามารถสรุปความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติจริง มีความเข้าใจเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ให้เพิ่มสูงขึ้น

1.6.2 นักเรียนมีพฤติกรรมการทำงานกลุ่มที่ดีส่งผลต่อการทำงานกับผู้อื่นในอนาคต

1.6.3 เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเพิ่มความเข้าใจ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์และหัวข้ออื่นๆในวิชาเคมี

1.6.4 นักเรียนมีความพึงพอใจในวิชาเคมี และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัย เรื่อง การเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริง เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวิชาเคมี ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้า รวบรวมเอกสาร แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางพื้นฐานในการทำวิจัย ดังหัวข้อต่อไปนี้

2.1 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2.2 การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry)

2.3 การเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on)

2.4 แบบวัดความเข้าใจตัวเลือก 4 ลำดับขั้น (4-tier diagnostic tests)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6 การหาปริมาตรของแก๊ส

2.1 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต เนื่องจากความรู้วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ (natural world) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทุกคนจึงต้องเรียนรู้เพื่อนำผลการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิตและการประกอบอาชีพ เมื่อผู้เรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์โดยได้รับการกระตุ้นให้เกิดความตื่นเต้น ท้าทายกับการเผชิญสถานการณ์หรือปัญหา มีการร่วมกันคิด ลงมือปฏิบัติจริง ก็จะเข้าใจและเห็นความเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่นและชีวิต ทำให้สามารถอธิบาย ทำนายคาดการณ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผล การประสบความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์จะเป็นแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจมุ่งมั่นที่จะสังเกต สำรวจตรวจอบ สืบค้นความรู้ที่มีคุณค่าเพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง เป็นการพัฒนาผู้เรียนให้ได้รับทั้งความรู้ กระบวนการและเจตคติ ผู้เรียนทุกคนควรได้รับการกระตุ้นส่งเสริมให้สนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีความสงสัยเกิดคำถามในสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับโลกธรรมชาติรอบตัว มีความมุ่งมั่นและมีความสุขที่จะศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้เพื่อรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล นำไปสู่คำตอบของคำถาม สามารถตัดสินใจด้วยการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล สามารถสื่อสารคำถาม คำตอบ ข้อมูลและสิ่งที่ค้นพบจากการเรียนรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจได้

กระทรวงศึกษาธิการ (2551: 20-21) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการสำคัญในการนำหลักสูตรสู่การปฏิบัติ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน เป็นหลักสูตรที่มีมาตรฐานการเรียนรู้

สมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนในการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณสมบัติตามเป้าหมายหลักสูตร ผู้สอนพยายามคัดสรรกระบวนการเรียนรู้ จัดการเรียนรู้โดยช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านสาระที่กำหนดไว้ในหลักสูตร 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ รวมทั้งปลูกฝังเสริมสร้างคุณลักษณะอันพึงประสงค์ พัฒนาทักษะต่าง ๆ อันเป็นสมรรถนะสำคัญให้ผู้เรียนบรรลุตามเป้าหมาย

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2546: 44-46) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบวิทยาศาสตร์หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ได้นำเอาระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้โดยผู้เรียนพยายามคิดค้นหาวิธีแก้ปัญหาต่างๆ โดยใช้ลำดับขั้นตอนทั้ง 5 ขั้นของวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่สำคัญ ดังนี้ (1) ขั้นกำหนดปัญหา (2) ขั้นตั้งสมมติฐาน (3) ขั้นรวบรวมข้อมูล (4) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล (5) ขั้นสรุปและประเมินผล

กรมวิชาการ (2545: 22-25) การพัฒนาการเรียนการสอนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันอยู่บนพื้นฐานของการศึกษาในส่วนของเนื้อหาและหลักการด้านวิทยาศาสตร์โดยตรง ประกอบกับหลักการด้านจิตวิทยาพัฒนาการที่ สัมพันธ์กับการเรียนรู้ ปัจจุบันนี้เป็นที่ยอมรับแล้วว่า พัฒนาการทางสมองของมนุษย์ในวัยต่าง ๆ เป็นหัวใจสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อการเรียนรู้ กระบวนการเรียนการสอนที่ใช้ในการเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีดังต่อไปนี้

(1) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es model) ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้

(1.1) ขั้นสร้างความสนใจ (engagement)

(1.2) ขั้นสำรวจและคนหา (exploration)

(1.3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation)

(1.4) ขั้นขยายความรู้ (elaboration)

(1.5) ขั้นประเมิน (evaluation)

(2) กระบวนการแก้ปัญหา (Problem solving process) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งหมายประการหนึ่งคือ เน้นให้นักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยผ่านกระบวนการคิดและการปฏิบัติอย่างมีระบบ ผลที่ได้จากการฝึกจะช่วยให้นักเรียนสามารถตัดสินใจแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยวิธีการคิดอย่างสมเหตุสมผล โดยใช้กระบวนการหรือวิธีการ ความรู้ ทักษะต่าง ๆ และความเข้าใจในปัญหานั้น มาประกอบกันเพื่อเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหา การแก้ไขปัญหาอาจทำได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา ความรู้ และประสบการณ์ของผู้แก้ปัญหานั้น ซึ่งมีกระบวนการในการแก้ปัญหาตามขั้นตอน ต่อไปนี้

(2.1) ทำความเข้าใจปัญหา

(2.2) วางแผนแก้ปัญหา

(2.3) ดำเนินการแก้ปัญหาและประเมินผล

(2.4) ตรวจสอบการแก้ปัญหา

(3) กิจกรรมคิดและปฏิบัติ (Hand-on Mind-on Activities) นักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์แนะนำให้ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้คิด และลงมือปฏิบัติ เมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง หรือได้ทำการทดลองต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ก็ จะเกิดความคิดและคำถามที่หลากหลาย ซึ่งเมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมดังกล่าว จะทำให้สังเกตผลที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำไปสู่การถามคำถาม การอธิบาย การอภิปราย หาข้อสรุป และการศึกษาต่อไป กิจกรรมลักษณะนี้จึงส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและฝึกคิด นำมาสู่การสร้างความรู้ด้วยตนเองด้วยความเข้าใจและเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

(4) การเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจ (Cooperative Learning) การเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถนำมาใช้ในการ จัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสมวิธีหนึ่ง เนื่องจากขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมร่วมกันในกลุ่ม นักเรียนจะได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความรู้กับสมาชิกของกลุ่ม และการที่แต่ละคนมีวัยใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถสื่อสารกันได้ดี แต่การเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจที่มีประสิทธิผลนั้น ต้องมีรูปแบบหรือการจัดระบบอย่างดี นักการศึกษาหลายท่านได้ทำการศึกษาค้นคว้าอย่างกว้างขวางเพื่อจะนำมาใช้ในการ จัดการเรียนการสอนวิชาต่าง ๆ รวมทั้งวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ด้วยแนวคิดหลักที่นำไปสู่การเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry)

2.2.1 ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้หมายถึงกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นหา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือกิจกรรมหรือวิธีการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ปฏิบัติและเรียนรู้เพื่อพัฒนา วิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551: 43) เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนเป็นผู้ ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองหรือสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (พิมพ์ พันธ์ เตชะคุปต์, 2544: 15) เป็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้สืบค้นหรือค้นหา คำตอบในเรื่องหรือประเด็นที่กำหนด (วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2545: 20) เป็นการดำเนินการเรียนการ สอน โดยผู้สอนกระตุ้นให้เกิดคำถามให้เกิดความคิด และลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวล หาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง (ทิศนา แขมณี, 2548: 141) เน้นการพัฒนาความสามารถในการ แก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้นักเรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผลจน ค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง โดยครูตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนใช้ ความคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้เอง และสามารถนำวิธีการแก้ปัญหานั้นมาแก้ปัญหาได้ (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2544: 36)

ครูผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย ดังนั้นครูจึงต้องมีการพัฒนากระบวนการเรียนรู้เพื่อมุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นผู้ที่เรียนรู้และค้นพบตัวเอง มากที่สุด นักเรียนควรได้รับการกระตุ้นส่งเสริมให้มีความสนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียน มีความ สงสัยเกิดคำถามในสิ่งต่าง ๆ มีความมุ่งมั่นและมีความสุขที่จะศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้เพื่อรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผลนำไปสู่คำตอบของคำถาม สามารถตัดสินใจด้วยการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล สามารถสื่อสารข้อมูลสิ่งที่ค้นพบจากการเรียนรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจ และสามารถนำไปแก้ปัญหาได้ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551: 37)

จากความหมายดังกล่าวสรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการสอนที่ที่เน้นให้นักเรียนเรียนได้ปฏิบัติและเรียนรู้ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์จิตวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นให้นักเรียน ตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐาน ออกแบบ และทำการทดลองด้วยตัวเอง สร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์โดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับหลักฐานที่ได้จากการทดลองทางวิทยาศาสตร์ และสร้างเป็นองค์ความรู้ขึ้นมา โดยที่ครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวก สนับสนุน ชี้แนะช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการ สอน

2.2.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ นักการศึกษาได้นำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้หลากหลาย รูปแบบต่างกัน ตัวอย่างหนึ่งของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ได้แก่ การสืบเสาะหาความรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5Es Learning Cycle) (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551; อ้างอิงจาก Bybee, 1997)

2.2.2.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนอาจสนใจวัตถุสิ่งของ ปัญหา เหตุการณ์ หรือสถานการณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ กิจกรรมของขั้นนี้ควรเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมที่ได้เรียนแล้วกับกิจกรรมที่จะเรียนต่อไป การกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้อาจทำได้โดยการถามคำถาม การกำหนดปัญหาการ แสดงเหตุการณ์ที่ขัดแย้งและแสดงสถานการณ์ที่ทำให้เห็นปัญหา ครูมีบทบาทในการแสดงเหตุการณ์ และออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน นอกจากนี้ครูยังเป็นผู้เตรียมลำดับขั้นตอนต่างๆ ของกิจกรรม กิจกรรมในขั้นนี้ไม่ควรจะใช้เวลานานและยากเกินไป ควรจะเป็นกิจกรรมที่ง่ายและใช้เวลาสั้นๆ

2.2.2.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและนักเรียน จะใช้เวลาในการสำรวจและค้นหาแนวคิดของตนเอง กิจกรรมการสำรวจและค้นหานี้มีจุดประสงค์เพื่อ สร้างประสบการณ์ให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะสำรวจและค้นหาวัสดุสิ่งของ เหตุการณ์ หรือสถานการณ์โดยการสังเกต การลงมือปฏิบัติ ทดสอบ สมมติฐาน แก้ปัญหา การหาตัวแปรและการตั้งคำถาม

2.2.2.3 ขั้นอธิบาย (Explanation) การอธิบาย หมายถึง การกระทำหรือกระบวนการที่ทำให้เกิดความเข้าใจและความกระจ่างเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ หรือทักษะ กระบวนการอธิบาย

จะทำให้นักเรียนและครูได้ใช้คำศัพท์ที่มีความสัมพันธ์กับประสบการณ์หรือกิจกรรมการเรียนรู้ ในขั้นนี้ครูอาจให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง จากนั้นครูอาจจะนำเสนอการอธิบายที่เป็นการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการอธิบายนี้ควรเน้นการอธิบายที่เกิดจากนักเรียนเองและควรเชื่อมโยงกับขั้นสร้างความสนใจและขั้นสำรวจและค้นหาด้วย จุดประสงค์หลักของขั้นอธิบายนี้ก็คือ กา รน าเสนอแนวคิด กระบวนการ หรือทักษะ ที่ทำให้เข้าใจได้ง่าย ชัดเจนและตรงไปตรงมาและเพื่อเชื่อมโยงกับกิจกรรมการเรียนขั้นต่อไป

2.2.2.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เมื่อนักเรียนได้อธิบายสิ่งที่ตนเองเรียนรู้แล้ว นักเรียน ควรได้มีโอกาสในการประยุกต์หรือขยายแนวคิด กระบวนการหรือทักษะของตน นักเรียนบางคน อาจจะยังไม่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือเข้าใจแนวคิดที่ตนเองเรียนรู้อย่างเดียว ขั้นขยายความรู้นี้จึง เป็นขั้นที่ช่วยให้นักเรียนได้เกิดความรู้ที่กว้างขวางขึ้น ในขั้นนี้นักเรียนควรได้เรียนรู้แบบร่วมมือและการร่วมอภิปรายเป็นกลุ่มด้วย เพราะจะทำให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ตนเข้าใจกับผู้อื่น แลได้รับข้อมูลป้อนกลับจากเพื่อนร่วมชั้น นอกจากนี้ขั้นขยายความรู้ยังช่วยให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์หรือปัญหาใหม่

2.2.2.5 ขั้นประเมิน (Evaluation) การประเมินอย่างไม่เป็นทางการจะเกิดขึ้นตลอดเวลาใน ขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับการประเมินอย่างเป็นทางการ ครูสามารถทำได้หลังจากขั้นขยายความรู้ ครูควรจะประเมินผลการเรียนรู้ตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง โดยอาจจะให้แบบทดสอบเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน และที่สำคัญคือทำให้นักเรียนมีโอกาสประเมินความเข้าใจของตนเองด้วย

2.2.3 ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาศักยภาพด้านสติปัญญา นักเรียน ได้ พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีการอยากรู้อยู่ตลอดเวลา นักเรียนได้มี โอกาสฝึกความคิดและฝึกการกระทำได้เรียนรู้วิธีการจัดระบบความคิดและวิธีเสาะแสวงหาความรู้ ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้คือทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ ใน สถานการณ์ใหม่ได้นักเรียนเป็นศูนย์กลางการจัดการเรียนรู้ทำให้บรรยากาศในการเรียนมี ชีวิตชีวา สามารถเรียนรู้มโนทัศน์ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น อีกทั้งส่งผลให้นักเรียนมี เจตคติที่ดี ต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นไม่ว่าจะทำการสิ่งใด ๆ จะสำเร็จด้วย ตนเอง สามารถคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเองไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค นักเรียนได้ ประสบการณ์ตรง ฝึก ทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์สามารถนำความรู้ ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ได้ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542: 126; กระทรวงศึกษาธิการ, 2545: 38; พันธ์ทอง ชุมนุม, 2547: 56-57; พิมพันธ์ เตชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2544)

จากข้อดีของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สรุปได้ว่า ครูผู้สอนต้องนำวิธีการจัดการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ควบคู่กับเทคนิคอื่นในแต่ละขั้นตอนเพื่อให้เกิดความแปลกใหม่ นักเรียนจะได้ไม่รู้สึกซ้ำซาก และเพื่อประโยชน์สูงสุดแก่นักเรียน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา(Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ปฏิบัติและเรียนรู้ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นให้นักเรียน ตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐาน ออกแบบ และทำการทดลองด้วยตัวเอง สร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์โดยการเชื่อมโยงความรู้เดิม เข้ากับหลักฐานที่ได้จากการทดลองทางวิทยาศาสตร์ และสร้างเป็นองค์ความรู้ขึ้นมา โดยที่ครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวก สนับสนุน ชี้แนะช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน

2.3 การเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on)

การจัดการเรียนการสอนตามแนว Constructivism เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู ครูต้องวางแผนจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างดี และต้องใช้รูปแบบกระบวนการเรียนและกิจกรรมการเรียนการสอนที่หลากหลาย ซึ่งนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้เสนอไว เช่น การเรียนการสอนที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสืบเสาะหาความรู (Inquiry Based) การเรียนการสอนโดยการแกปัญหา (Problem–Solving) กิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ (Hands–on Activity) กิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ (Hands–on Activity) เป็นการจัดกิจกรรมให้นักเรียนไดลงมือปฏิบัติจริง ได้ทำการทดลองจริง ได้ทำการทดลองต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์

บุษกร หวายเครือ (2554: 12-13) กล่าวว่า นักศึกษาวิทยาศาสตร์แนะนำให้ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้คิดและลงมือปฏิบัติจริง หรือได้ทำการทดลองต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ก็จะเกิดความคิดและคำถามที่หลากหลาย ตัวอย่างกิจกรรม ได้แก่

(1) นำแม่เหล็กเข้าใกล้วัสดุต่างๆ แล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้น

(2) ใช้วัตถุต่างๆ ถูกับผ้าชนิดต่างๆ แล้วนำมาแขวนไวใกล้กัน หรือนำมาแตะชิ้นกระดาษแล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง

(3) ตอหลอดไฟฟ้าหลายหลอดกับถ่านไฟฉายสังเกตและเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้น

(4) ใช้กลองจุลทรรศน์องดูเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตสังเกตและเปรียบเทียบเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตต่างๆ

(5) เป่าลมหายใจลงไปในน้ำปูนใสสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ฯลฯ

เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมลักษณะนี้จะทำให้ได้สังเกตผลที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำไปสู่การถามคำถาม การอธิบาย การอภิปราย และหาข้อสรุปต่อไป กิจกรรมลักษณะนี้จึงส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและฝึกคิด นำมาสู่การสร้างความรู้ด้วยตนเองด้วยความเข้าใจและมีความหมาย

2.4 แบบวัดความเข้าใจตัวเลือก 4 ลำดับขั้น (4-tier diagnostic tests)

ปัจจุบันการศึกษาแนวคิดของผู้เรียนมีความสำคัญเนื่องจากแนวคิดของทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเน้นผู้เรียนเป็นหลักในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน ทั้งก่อนเรียนขณะเรียนหรือแม้กระทั่งเรียนจบไปแล้วเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบสร้างและปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน และวินิจฉัยความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเพื่อแก้ไขจุดบกพร่องแบบวัดความเข้าใจตัวเลือกสี่ลำดับขั้น (four tier Multiple Choice Test) โดยเป็นแบบวัดแนวคิดที่เน้นศึกษาความเข้าใจของผู้เรียน กระตุ้นให้ผู้เรียนตอบคำถามและระบุความมั่นใจในการตอบคำถามตัวเลือกและเหตุผลโดยใช้ความเข้าใจมากกว่าความจำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sreenivasulu และ Subramaniam (2014) ที่พบว่าจากการเปรียบเทียบความเข้าใจของนักเรียนในระดับอุดมศึกษา เกี่ยวกับ โลหะทรานซิชัน โดยใช้ข้อสอบสี่ลำดับขั้นจำนวน 25 ข้อ ทดสอบกับนักเรียน 140 คน ซึ่งพบว่าข้อสอบแบบนี้เป็นเครื่องมือที่มีความละเอียดในการถามระหว่างคำถามเริ่มต้น และเหตุผล โดยมีระดับความมั่นใจในการเลือกตอบเป็นข้อสอบกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการพัฒนาความคิดและทำให้เกิดการวัดผลและประเมินผลอย่างมีน่าเชื่อถือ และทราบความคาดเคลื่อนในการตอบคำถามของนักเรียน

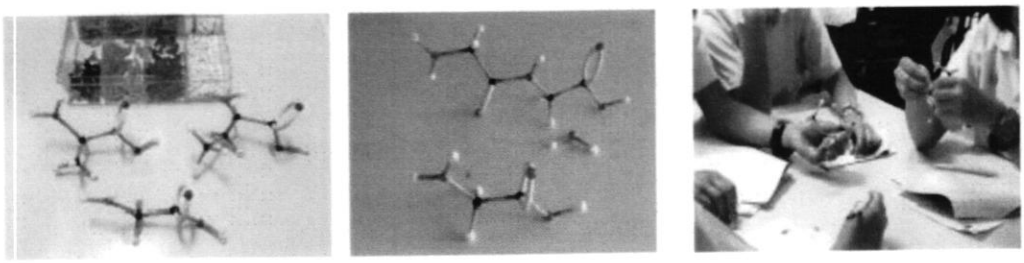
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

มีรายงานการวิจัยเป็นจำนวนมากที่บ่งชี้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติและการเปลี่ยนแปลงของสสารในวิชาเคมีได้ดียิ่งขึ้น เช่น

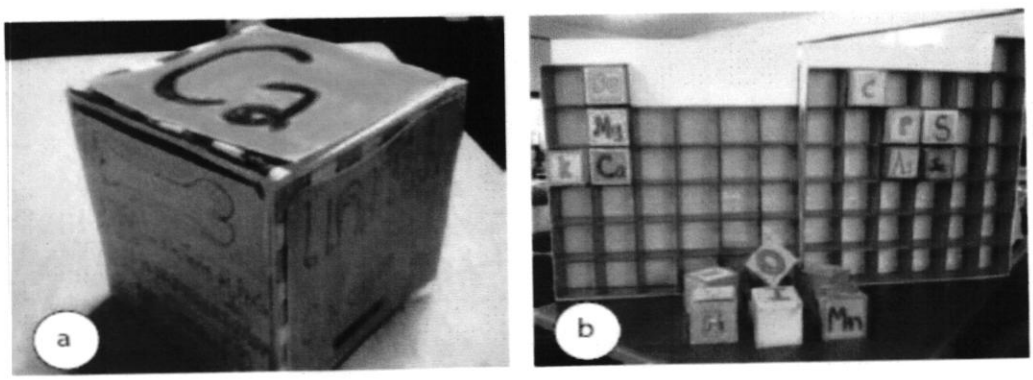
ปราญชลี นนทะวัน (2558) การศึกษามโนมติวิทยาศาสตร์เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการจัดกิจกรรม 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ ขั้นประเมินผล ตัวอย่างกิจกรรมในขั้นขั้นสำรวจและค้นหา เช่น การศึกษาโครงสร้างระดับโมเลกุล โดยใช้แบบจำลองโครงสร้างโมเลกุล (Model Kit) ให้นักเรียนศึกษาธาตุองค์ประกอบของโปรตีน โดยสังเกตสิ่งที่เหมือนและแตกต่างกันของกรดอะมิโน 3 ชนิด ศึกษาโครงสร้างของกรดอะมิโน ตำแหน่งและหมู่ฟังก์ชัน การเกิดพันธะเพปไทด์ (ภาพที่ 2.1) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะมีคะแนนมโนมติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเรียงลำดับมโนมติที่ถูกต้องสมบูรณ์รายเนื้อหาได้แก่ กรดนิวคลีอิก คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและลิพิด ตามลาดับ ในเรื่อง

ลิพิดนักเรียนมีมโนมติ ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 36.36 เพราะนักเรียนขาดความสามารถในการเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล



ภาพที่ 2.1 แบบจำลองโครงสร้างโมเลกุล (Model kit) ของโปรตีน

อชิรวิชญ์ เทนโสภา (2558) ได้ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเกมเรียน ตัวอย่างเช่น เรื่องธาตุและประโยชน์ของธาตุ โดยในขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ให้นักเรียนสืบค้นชื่อธาตุและประโยชน์ของธาตุ ให้สัมพันธ์กับสัญลักษณ์ธาตุ แล้วทาเป็นกล่องลูกบาศก์ (ภาพที่ 2.2) จากนั้นนักเรียนจัดหมวดหมู่ธาตุของตนเองในตารางและขั้นประเมินผล ให้นักเรียนจับคู่กันเพื่อถาม/ตอบเกี่ยวกับชื่อธาตุหรือสัญลักษณ์ธาตุอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยผู้ถามต้องใบ้ถึงประโยชน์ของธาตุนั้น ๆ ด้วย โดยถ้าตอบถูกคนถามจะต้องให้แสตมป์ PM-element ของตนเองแก่คนตอบ จานวน 1 ดวง แต่ถ้าตอบไม่ถูกก็จะเป็นในทานอง กลับกัน พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเกมทาให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าการเปลี่ยนแปลงของความก้าวหน้าทางการเรียนเท่ากับ 0.61) และมีความพึงพอใจกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับ เกมอยู่ในระดับดี ทั้งนี้เนื่องจากทฤษฎีแรงจูงใจ เพื่อนช่วยเพื่อนผลักดันและ กระตุ้นให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำสนใจในการเรียนมากขึ้น เพื่อให้กลุ่มมีผลสัมฤทธิ์สูงขึ้น



ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างสื่อการเรียนรู้ (a) กล่องธาตุ (b) การบรรจุธาตุในตารางธาตุ

ปาริชาติ คงศรี (2554) ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่องสารและการเปลี่ยนแปลง โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry process) มีขั้นตอนการจัดกิจกรรม 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation) โดยมีกิจกรรมทั้งหมด 5 ชุดกิจกรรม มีกิจกรรมหลักเป็นการทดลอง เช่น เนื้อหาเรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร ทดลองเรื่อง การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนหลังเรียน (mean = 16.19, SD = 1.79) สูงกว่าก่อนเรียน (mean = 9.27, SD = 2.01) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และมีคะแนนความก้าวหน้าเป็น 13.22 คะแนน หรือร้อยละ 50.85 โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและการเปลี่ยนแปลง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 80.15/80.96 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ 75/75 นอกจากนี้ นักเรียนยังมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี (3.28 จาก 4 คะแนน หรือร้อยละ 81.91) โดยเกณฑ์คะแนนร้อยละ 70 มีนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านคิดเป็นร้อยละ 76.93 และ 23.07 ตามลำดับ ทั้งนี้ นักเรียนมีความพึงพอใจด้านความเหมาะสมและด้านประโยชน์ของการจัดการเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ย 4.30 และ 4.28 ซึ่งอยู่ในระดับมากทั้งสองด้าน

นุชนาท สิงหา (2555) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์และศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ร่วมกับเทคนิคการจัดแผนผัง มโนทัศน์ เรื่องไฟฟ้าเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยมีขั้นตอนคือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) และให้นักเรียนจัดแผนผังมโนทัศน์แบบเรียงลำดับขั้น (Hierarchy map) ชนิดปลายปิด (Close-ended list task) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และให้นักเรียนจัดแผนผังมโนทัศน์แบบเรียงลำดับขั้น (Hierarchy map) ชนิดปลายเปิด (Open-ended list task) 5) ขั้นประเมิน (Evaluation) ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ร่วมกับเทคนิคการจัดแผนผังมโนทัศน์ เรื่องไฟฟ้าเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ร่วมกับเทคนิคการจัดแผนผังมโนทัศน์ เรื่องไฟฟ้าเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กมลนุช ไชยมัชชิม และเสนอ ชัยรัมย์ (2557) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ส่งเสริมความเข้าใจ และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นตอนที่ครูแนะนำบทเรียนหรือกิจกรรม ซักถามปัญหา ทบทวนความรู้เดิมกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการเรียนการสอนและกำหนดเป้าหมาย 2) ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละคนออกแบบการทดลองของตนเองและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นการออกแบบการทดลองภายในกลุ่ม จากนั้นนักเรียนดำเนินการทดลองด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้แนะนำและอำนวยความสะดวก 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและอภิปรายผลร่วมกันภายในกลุ่ม 4) ขั้นขยายความรู้ นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานของตนเองและอภิปรายผลงานของกลุ่มอื่น และ 5) การประเมินผล ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลอง สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลองและข้อเสนอแนะในการทดลองครั้งต่อไป ผลการวิจัยพบว่า หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและเข้าใจความหมายผิดเกี่ยวกับสารชีวโมเลกุล เหตุผลที่สนับสนุนคำตอบยังเป็นเหตุผลในขั้นพื้นฐาน อย่างไรก็ตาม การเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางมากขึ้นนี้มีส่วนช่วยให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนภายในกลุ่ม การได้ลงมือทำการทดลองมีผลให้นักเรียนสนใจและเข้าใจในเรื่องที่เรียนมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้บทบาทของครูยังเป็นส่วนสำคัญในการจัดการเรียนรู้โดยครูจะต้องให้ความสนใจและสามารถตอบคำถามของนักเรียนเมื่อนักเรียนเกิดความสงสัย ซึ่งจะทำให้นักเรียนเรียนรู้อย่างมีความสุขกับกิจกรรมและสนใจที่จะเรียนรู้มากขึ้น

วรนุช เชื้ออ่อน และเสนอ ชัยรัมย์ (2557) ได้ใช้แนวการสอนวิธีกระบวนการสืบเสาะแบบแนะนำ ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน เรื่อง โปรตีน กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p < .05$) หลังการเรียนด้วยแนวการสอนวิธีกระบวนการสืบเสาะแบบแนะนำ นักเรียนส่วนมากมีแนวคิดเรื่องโปรตีนถูกต้องเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเรียน นอกจากนี้ นักเรียนมีความคงทนของความรู้อยู่ในระดับที่น่าพอใจเมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ของการเรียน จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจระดับจุลภาค นักเรียนส่วนมากไม่สามารถวาดภาพโครงสร้างโปรตีนก่อนและหลังแปลงสภาพได้ การวิจัยครั้งนี้บ่งบอกให้รู้ว่า ครูผู้สอนเคมีควรมีการจัดการเรียนรู้เรื่อง โปรตีน โดยเน้นให้นักเรียนมีความเข้าใจระดับจุลภาคมากขึ้น

เบญจพร อินทรสด (2553) ได้ศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติที่คลาดเคลื่อนเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ด้วยการสืบเสาะแบบแนะนำกับการสืบเสาะสำเร็จรูป

พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะแบบแนะนำ (GI) และการสืบเสาะสำเร็จรูป (SI) วิชาเคมี เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้งสองรูปแบบนั้น ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนกลุ่ม GI มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่ม SI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และพบว่านักเรียนกลุ่ม GI มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับ High gain ส่วนนักเรียนกลุ่ม SI มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับ Medium gain และนักเรียนกลุ่ม SI มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนสูงกว่านักเรียนกลุ่ม GI ทุกมโนมติ

พนิดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาษร (2557) ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบเพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เช่น ใช้กิจกรรมคั่วเมล็ดข้าวเปลือกเป็นกิจกรรมในขั้นขยายความรู้เพื่ออธิบายผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยนาเมล็ดข้าวเปลือกไปคั่วไฟ 2 อุณหภูมิ (ต่ำ-สูง) เมล็ดข้าวเปลือกจะแตกออกมากขึ้นเปรียบเทียบได้กับการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจะทาให้อนุภาคของสารมีพลังงานจลน์สูงขึ้นเมื่ออนุภาคมีพลังงานจลน์มากขึ้นก็จะมีโอกาสชนกันมากขึ้นปฏิกิริยาก็เร็วขึ้น จากการศึกษาพบว่าหลังการจัดการเรียนรู้แล้ว นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นทุกมโนมติ สังเกตได้จากนักเรียนมีมโนมติที่ผิดลดลง แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบ ช่วยลดมโนมติที่ผิดของนักเรียนลงได้ เนื่องมาจากการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเปรียบเทียบเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหาคำตอบด้วยตัวเองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนมตินั้นอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนมติได้ อีกทั้งยังทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน นำมาสู่การอธิบายสถานการณ์นั้น และนักเรียนยังมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน โดยมีครูเป็นผู้ทำหน้าที่อำนวยความสะดวก ดูแล และสร้างแรงจูงใจ ให้แก่นักเรียน

วิชัย ลาธิ และศักดิ์ศรี สุภาษร (2556) ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรม POE ว่ามีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และสารชีวโมเลกุลเป็นอย่างไร จากผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรม POE ทำให้นักเรียนเกิดคำถามในใจก่อนที่จะเรียนเนื้อหานั้น ๆ และทำให้นักเรียนอยากรู้คำตอบที่คาดคะเนไว้

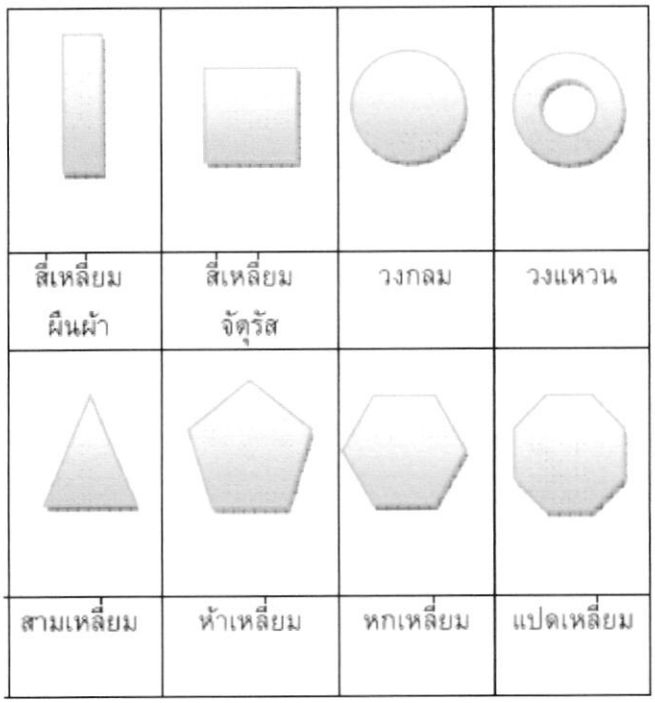
Remziye et al. (2011: 48-68) ได้ศึกษาผลของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้มีทักษะกระบวนการและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.05

Yang and Li. (2009: 506-513) ได้ศึกษาความสามารถแก้ปัญหาของนักเรียนโดยใช้การทดลองแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน เรื่องการหาปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในน้ำกระด้าง พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้การทดลองแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ นักเรียนสามารถค้นหาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ออกแบบทดสอบประเมินผล ขั้นตอนการทดลองและการปฏิบัติการทดลองได้เป็นอย่างดี

Sanger (2007: 1035-1039) ได้เปรียบเทียบความรู้วิทยาศาสตร์ 5 หัวข้อ ได้แก่ ความหนาแน่น แก๊ส ผลึกสารไอออนิก พื้นที่ผิวและการระเหย และการรวมตัวระหว่างน้ำมันกับน้ำ ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ พบว่าคะแนนความรู้เรื่องความหนาแน่นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับหัวข้ออื่นๆ คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีค่ามากกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่เรียนโดยวิธีปกติ

2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on)

อภินันท์ จันทรา และสุระ วุฒิพรม (2554) ได้สร้างชุดปฏิบัติการที่เน้นการปฏิบัติจริงเพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิด เรื่องจุดศูนย์กลางมวลและโมเมนต์ความเฉื่อย จากวัตถุรูปทรงต่างๆ (ภาพที่ 2.3) จากการวิจัยพบว่า กลุ่มประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 190 คน และกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 49 คนที่เรียนด้วยชุดปฏิบัติการที่เน้นการปฏิบัติจริงได้รับการทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดก่อนและหลังการเรียนด้วยชุดปฏิบัติการที่เน้นการปฏิบัติจริงเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วนการทดสอบค่า t-test และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนด้วยค่า E1 E2 ผลการวิจัยพบว่าชุดปฏิบัติการที่เน้นการปฏิบัติจริงมีประสิทธิภาพ 82/80.75 ผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และผู้เรียนมีพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ดีขึ้น



ภาพที่ 2.3 วัตถุรูปทรงต่าง ๆ ที่นำมาหาจุดศูนย์กลางมวล

ศักดิ์ศรี สุภาษร และรุ่งนภา สายัญ (2554: 155-162) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นปฏิบัติจริงเพื่อพัฒนาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการเปลี่ยนแปลงสารและการแยกสาร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 การศึกษาค้นคว้าพบว่า ผลสัมฤทธิ์หลังการจัดการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติจริง (Hands – on) มีค่าเฉลี่ย 22.69 (SD 2.15) โดยเพิ่มจากผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนที่มีค่าเฉลี่ย 8.44 (SD 2.22) คิดเป็นคะแนนความก้าวหน้า 14.25 หรือร้อยละ 46.67 จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย dependent t-test พบว่า ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) นอกจากนี้ นักเรียนยังมีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับสูง (mean 4.68, SD 0.50) และมีความสามารถทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับดี (mean 3.75, SD 0.77) อาจเนื่องจากเมื่อก่อนนักเรียนไม่ได้ค่อยได้ปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง เมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมที่เน้นการปฏิบัติจริง(Hands-on)จึงทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ มีความสนใจ ตื่นเต้นอยากรู้อยากลอง ส่งผลให้มีคะแนนเฉลี่ยในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดี

ธรรมนูญ ผ่านสำแดง (2554: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการใช้การสอนแบบปฏิบัติจริงเพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องรูปร่างโมเลกุล ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ นักเรียนมีกระบวนการคิดและทักษะการ

เรียนรู้พื้นฐาน 3 ด้าน คือ ทักษะการสังเกต การวิเคราะห์ และการคิดอย่างมีเหตุผล นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติจริงอยู่ในระดับมาก

สุทธิดา รักกะเปา (2550: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงเรื่องวิทยาศาสตร์โลก เพื่อประเมินความเข้าใจของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาทางภาคเหนือที่สนใจเรื่องวิทยาศาสตร์โลก จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ คือข้อสอบวัดความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์โลก (GCI) ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความเข้าใจเพิ่มขึ้นจริงและเมื่อประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมด้วย Normalized change พบว่ามีค่าเป็น 0.31 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในครั้งนี้ทำให้ความเข้าใจเฉลี่ยของผู้เรียนเพิ่มขึ้น ในระดับปานกลาง

สุชัย นพรัตน์แจ่มจรัส (2551: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องผสมแสงสีแบบนักเรียนลงมือปฏิบัติ (Hands-on) ที่เหมาะสมกับสภาพของห้องเรียนมัธยมศึกษาในประเทศไทย และกิจกรรมการเรียนรู้แบบผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่นักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 151 คน ผลการวิจัยพบว่า คะแนนที่วัดก่อนและหลังเรียนของนักเรียนทั้ง 4 ห้อง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงทำการประเมินประสิทธิผลของงานวิจัยรวมทั้ง 4 ห้อง โดยงานวิจัยนี้ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาเพิ่มขึ้น นอกจากนี้นักเรียนยังมีความสามารถและความคงตัวในการใช้ความคิดรวบยอดเพื่อการแก้ปัญหามากขึ้น

ภัทราวรรณ วาภเวที (2543: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการฝึกภาคปฏิบัติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 49 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะภาคปฏิบัติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ศุภาวีร์ ศรีโท (2551: บทคัดย่อ) ได้ศึกษากิจกรรมการทดลองเรื่องความร้อนทำให้สสารเปลี่ยนแปลงโดยใช้วัสดุอย่างง่าย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 37 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ผลการประเมินเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก ดังนั้น การจัดกิจกรรมการทดลองนี้ช่วยทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นและเสริมสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

ชญานาถ ซ้อนพิมาย (2550: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการทดลองเรื่องการทดสอบความเป็น กรด-เบส ของสารเคมีในชีวิตประจำวันโดยใช้อินดิเคเตอร์ในท้องถิ่น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงห่าก่อนเรียน และมีความพึงพอใจเกี่ยวกับกับรูปแบบการสอน

เทคนิคการสอน การมีส่วนร่วมในการทดลอง ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ อยู่ในระดับดีมาก

Wright L.J. (2008) ได้ใช้กิจกรรมการทดลอง เรื่องโมลาลิตี และใช้วัสดุอุปกรณ์การทดลองสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้ลงมือปฏิบัติ และแสดงความคิดเห็น นำเสนอข้อมูลที่ได้ ซึ่งพบว่าการที่นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมการทดลองและมีการสรุปนำเสนอข้อมูลนั้น นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ บริบทและอารมณ์ที่สามารถใช้ในการเรียนรู้ในอนาคตได้

Smit et al. (1994: 2528-A) ได้ศึกษาผลจากการวิธีสอนที่มีความพึงพอใจต่อผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยายแบบลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและทั้งแบบบรรยายและแบบลงมือปฏิบัติ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบลงมือปฏิบัติด้วยตนเองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าทั้งสองแบบ

Xiufeng Liu (2006: 89-100) ได้ศึกษาผลการการเรียนการสอนแบบแฮนด์-ออน (Hands – on) ลงมือปฏิบัติจริงร่วมกับการเรียนรู้จากการสร้างแบบจำลองในคอมพิวเตอร์เรื่องกฎของก๊าซ (กึ่งการทดลอง) ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ .05

2.5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบวัดความเข้าใจตัวเลือกสี่ลำดับขั้น (4-tier diagnostic tests)

อัญชลี ชาติมนตรี (2558) ได้ศึกษาการเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริง ในเซลล์กัลวานิกด้วยชุดการทดลองที่ประดิษฐ์ มาจากกระดาษ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนในวิชาเคมี ศึกษาความเข้าใจของนักเรียนจากแบบทดสอบ 4 ลำดับขั้น (4-tier multiple choice test) ประกอบไปด้วย คำตอบ ระดับความมั่นใจในคำตอบ เหตุผล ระดับความมั่นใจในเหตุผล เพื่อใช้ในการศึกษาความรู้ความเข้าใจต่อระดับความมั่นใจข้อสอบมีทั้งหมด 15 ข้อ เห็นได้ว่าระดับความมั่นใจของนักเรียนสามารถบอกถึงความรู้ในเนื้อหาของนักเรียนได้ เช่นนักเรียนตอบคำถามถูกแต่ไม่มั่นใจ หรือนักเรียนตอบคำถามผิดแต่ไม่มั่นใจ แสดงว่านักเรียนไม่มีความรู้ในเนื้อหา ดังนั้นระดับความมั่นใจสามารถบอกได้ว่านักเรียนเดาคำตอบหรือไม่ ผลการวิจัยพบว่า จากข้อสอบวัดความเข้าใจชนิดตัวเลือกสี่ลำดับขั้น นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับเซลล์กัลวานิก หลังเรียน (เฉลี่ย 8.57) สูงกว่าก่อนเรียน (เฉลี่ย 3.77) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Sreenivasulu and Subramaniam (2014) ที่พบว่าจากการเปรียบเทียบความเข้าใจของนักเรียนในระดับอุดมศึกษา เกี่ยวกับ โลหะทรานซิชัน โดยใช้ข้อสอบสี่ลำดับขั้นจำนวน 25 ข้อ ทดสอบกับนักเรียน 140 คน ซึ่งพบว่าข้อสอบแบบนี้เป็นเครื่องมือที่มีความละเอียดในการถามระหว่างคำถามเริ่มต้น และเหตุผล โดยมีระดับความมั่นใจในการเลือกตอบ เป็นข้อสอบกระตุ้นให้

ผู้เรียนมีการพัฒนาความคิด เข้าใจ พิจารณาคำอธิบายที่เป็นข้อเท็จจริงพื้นฐาน และทำให้เกิดการวัดผลและประเมินผลอย่างมีน่าเชื่อถือ และทราบความคาดเคลื่อนในการตอบคำถามของนักเรียน

Caleon and Subramaniam (2010) ที่พบว่า การใช้ข้อสอบตัวเลือก 4 ลำดับขั้น (4-tier multiple choice) 4TMC พบว่าเป็นการพัฒนาข้อสอบมาจากข้อสอบตัวเลือก 2 ลำดับขั้น (2TMC) ซึ่งมีคำถามและเหตุผลเพื่อทราบความรู้และการอธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบของนักเรียน ซึ่งข้อสอบแบบ 4TMC เป็นข้อสอบที่เพิ่มระดับความมั่นใจเข้ามาทั้งในคำถามและเหตุผล นักเรียนได้ทำข้อสอบเกี่ยวกับคุณสมบัติและการแผ่ของคลื่นกลซึ่งจากงานวิจัยพบว่าใน นักเรียนมีความมั่นใจในการตอบคำถามมากกว่าเหตุผล นอกจากนี้ระดับความมั่นใจยังสามารถคัดนักเรียนที่มีความรู้และไม่มีความรู้ออกจากกันได้ และทำให้ทราบความคาดเคลื่อนของนักเรียนในเนื้อหา

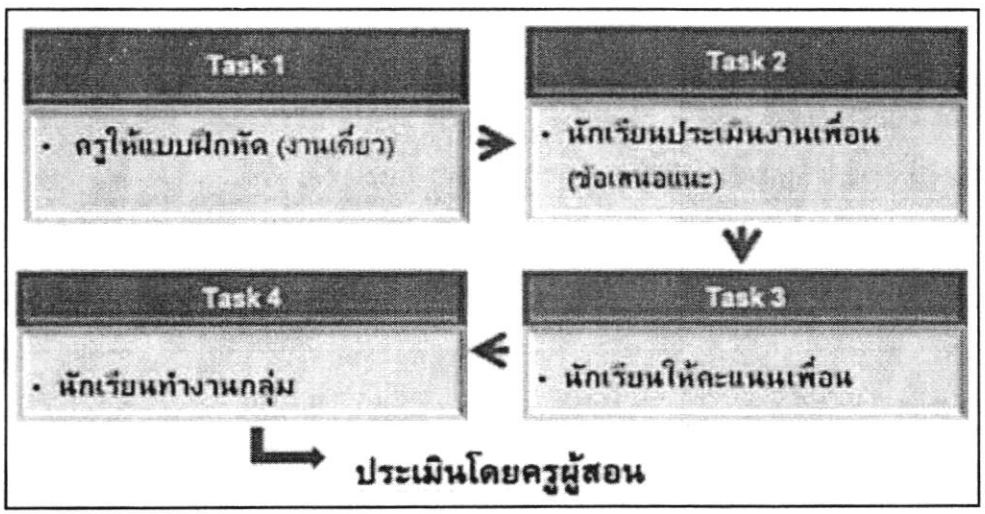
Gurel et al. (2014) ที่พบว่า การประเมินความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เรื่อง ทัศนศาสตร์ของนักศึกษาฝึกสอนฟิสิกส์ ด้วยแบบทดสอบ 4 ลำดับขั้นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานเกี่ยวกับฟิสิกส์ และประสิทธิภาพในการทำงานจะสัมพันธ์กับอายุ, ความสามารถ, เพศ, วัฒนธรรมหรือเชื้อชาติ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้จะเป็นปัญหาอย่างมากต่อพวกเขา เนื่องจากจะส่งผลต่อการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของพวกเขา ดังนั้นการแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้องด้วยวิธีการต่าง ๆ จึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ไม่ว่าจะเป็นการใช้การสัมภาษณ์ แผนผังมโนทัศน์ แบบทดสอบปลายเปิด แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ แบบทดสอบชนิดเลือกตอบหลายลำดับขั้น (2 ลำดับขั้น 3 ลำดับขั้น) ซึ่งแต่ละอันก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป ในงานวิจัยนี้จะอธิบายถึงกระบวนการพัฒนาแบบทดสอบ 4 ลำดับขั้น ในการประเมินความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ซึ่งในที่นี้จะเรียกแบบทดสอบ FTGOT โดยใช้ทดลองกับนักศึกษาฝึกสอนฟิสิกส์ 243 คน จาก 12 มหาวิทยาลัยในตุรกีที่เปิดหลักสูตรสาขาการสอนฟิสิกส์ ในเรื่องทัศนศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วยเนื้อหาย่อยคือ กระจกเงาราบ (กระจกเงาราบเดี่ยวและการะจบเงาราบพับ) กระจกเงาโค้ง (กระจกเว้าและกระจกนูน) และเลนส์ (เลนส์นูนและเลนส์เว้า) โดยคะแนนของนักศึกษาฝึกสอนฟิสิกส์เมื่อนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach alpha พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.59 ผลจากการวิจัยพบว่าทั้ง 6 เนื้อหา มีนักศึกษาฝึกสอนฟิสิกส์ มากกว่าร้อยละ 10 ที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน

2.5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

พรชัย คำสิงห์นอก (2550: 125-126) ได้ศึกษาการคำนวณเกี่ยวกับปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้เทคนิคกลุ่มแข่งขันได้คะแนนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 127.13 จากคะแนนเต็ม 180 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 70.65 ซึ่งมีผลการเรียนรู้อยู่ในระดับ ดี ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้เทคนิคกลุ่มแข่งขัน เป็นเทคนิคที่มีกิจกรรมที่ฝึกให้นักเรียนได้พัฒนาทางสติปัญญา รู้จักคิดอย่างมีเหตุผล สามารถทางานร่วมกับเพื่อนในกลุ่มได้อย่างดี การจัดการเรียนรู้

เทคนิคกลุ่มแข่งขัน มีการเปลี่ยนกลุ่มไปเรื่อยเพื่อให้กลุ่มแพ้มีโอกาสชนะสิ่งสำคัญก็คือนักเรียนจะพัฒนาทักษะทางด้านสังคม เช่น สมาชิกมีความไว้วางใจซึ่งกันและกัน สมาชิกในกลุ่มกระตุ้นเตือนกันให้ร่วมมือเพื่อความสำเร็จของกลุ่ม สมาชิกทุกคนรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย สมาชิกในกลุ่มรักษามารยาทในการพูด และการฟัง จากเหตุผลดังกล่าวทาให้นักเรียนมีคะแนนระหว่างเรียนและคะแนนทดสอบหลังเรียนเพิ่มขึ้น

ธันยาภัทร์ เธียรทองอินทร์ (2554) ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบทีไฟว์กระดาษ โดยให้นักเรียนทำงานเดี่ยวในชั้นเรียนนักเรียนได้รับงานเดี่ยวของเพื่อนและวิจารณ์งานของเพื่อนร่วมชั้นก่อนครูจะบรรยายสรุป แต่ปัจจุบันการจัดการเรียนรู้นี้มีเฉพาะที่เรียนผ่านอินเตอร์เน็ตเท่านั้น ผู้วิจัยจึงนำหลักการของทีไฟว์มาใช้โดยให้นักเรียนทำงานลงในกระดาษ ซึ่งเรียกว่าการจัดการเรียนรู้แบบทีไฟว์กระดาษ นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทีไฟว์กระดาษทุกแผนการจัดการเรียนรู้ (ภาพที่ 2.4) ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 2) แผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 88.40/80.36 และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก



ภาพที่ 2.4 รูปแบบการจัดการเรียนรูด้วยทีไฟว์กระดาษ

อุบลวดี อดิเรกตระการ (2557) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาเคมีเรื่องปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบกระตือรือร้นกับแบบปกติ ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบกระตือรือร้นมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น คือ ขั้นที่ 1 ขั้นเตรียมการ (preparation) เป็นขั้นตอนของการเตรียมอุปกรณ์ เตรียมสถานที่อาจเป็นในห้องเรียน นอกห้องเรียน หรือนอกอาคาร เป็นการเตรียมการของผู้สอนและผู้เรียน ขั้นที่ 2 ขั้นการ

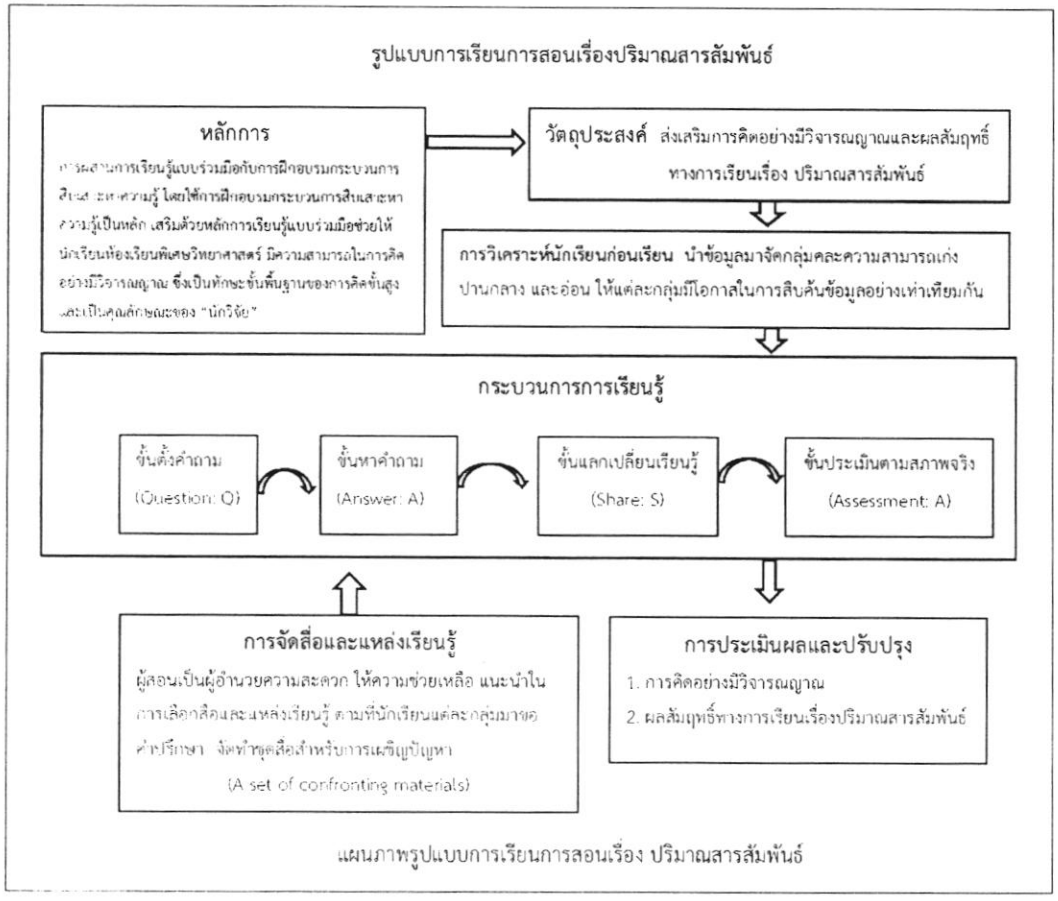
กล่าวนาสั้นๆ (briefing) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนกล่าวนา และให้ผู้เรียนทำความเข้าใจกับกิจกรรมที่นักเรียนต้องปฏิบัติ หรือลงมือทา ในขั้นนี้ผู้สอนต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าผู้เรียนทุกคนเข้าใจวิธีการปฏิบัติกิจกรรม ขั้นที่ 3 ขั้นการปฏิบัติ (action) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละคนได้ลงมือปฏิบัติตามกิจกรรม ในขั้นนี้ ผู้สอนต้องสังเกตการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน ขั้นที่ 4 ขั้นการสรุป (debriefing) เป็นขั้นตอนที่ต้องการให้ผู้เรียนได้ทาความเข้าใจ มีการสรุปประเด็นสาระและสิ่งต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้ ในขั้นนี้หากมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกิดขึ้น ผู้สอนต้องแก้ไขความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องให้ถูกต้อง โดยที่ผู้สอนอาจตั้งคาถามกับผู้เรียนให้เชื่อมโยงไปนอกเหนือสาระที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมได้ ขั้นที่ 5 ขั้นกิจกรรมหลังการปฏิบัติ (follow-up) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนให้ผู้เรียนทากิจกรรมเพื่อทบทวนความเข้าใจและความรู้ที่ได้รับ จากการศึกษาวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องปริมาณสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบกระตือรือร้นและแบบปกติ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนั้นยังพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาเคมีโดยจัดการเรียนรู้แบบกระตือรือร้นสูงกว่าแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปฐมาวดี พละศักดิ์ (2557) ได้ศึกษาคะแนนความก้าวหน้า (Normalized gain) เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยการเรียนรู้แบบร่วมมือ พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.30 คะแนน และ 21.90 ตามลาดับ และเมื่อวิเคราะห์ระดับความก้าวหน้าทางการเรียนทั้งชั้นเรียนพบว่าอยู่ในระดับสูง (Normalized gain = 0.71) แสดงว่าการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ทาให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนรายเนื้อหาจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าเนื้อหาที่นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนและระดับความก้าวหน้าทางการเรียนสูงที่สุดหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ คือ เรื่องมวลโมเลกุล (Normalized gain = 0.88) เนื่องจาก นักเรียนได้เล่นเกม “ฉันมีมวลโมเลกุลเท่าไร”และฝึกการหามวลโมเลกุลจากสารในชีวิตประจาวันของใบกิจกรรม “A student a compound” ที่นักเรียน เลือกมาเองโดยทาเป็นการบ้าน

จิราพรรณ บุญญานุสนธิ์ (2554: 46-85) ได้จัดการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนมติ และทักษะการแก้ปัญหาเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานประกอบด้วยการให้งาน การบรรยาย การระดมความคิด และการลงมือปฏิบัติจริง การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาและหาร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติได้ 5 หัวข้อ ได้แก่ (1) โมลกับจานวนอนุภาค มวล และปริมาตรของสารที่ STP (2) ความสัมพันธ์ระหว่างจานวนโมล อนุภาค มวลและปริมาตรของแก๊สที่ STP (3) ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ (4) ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล และ(5) การเตรียมสารละลาย พบว่าการ

จัดการเรียนรู้แบบผสมผสานสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ และนักเรียนมีความเข้าใจเชิงมโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้นร้อยละ 66.71 และมีความเข้าใจมโนมติอย่างสมบูรณ์ในเรื่องโมลกับจานวนอนุภาค มวล และปริมาตรของสารที่ STP คิดเป็นร้อยละ 92.52 ของจานวนนักเรียน เพราะนักเรียนได้ฝึกทาแบบฝึกหัด และผ่านการแก้ปัญหาระหว่างเรียน และโจทย์ปัญหายังไม่ซับซ้อนมาก ทาให้นักเรียนสามารถแทนค่าข้อมูลจากโจทย์ลงในสูตรและแก้สมการได้ถูกต้อง และผู้วิจัยได้วัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาถูกต้องมากขึ้น โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 83.57 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน

วราภรณ์ ศรีวิโรจน์ (2557) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ แบบเน้นการบูรณาการ การฝึกอบรมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ พบว่า รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาประกอบด้วยกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้ใช้กระบวนการเรียนรู้ 4 ขั้น คือ ขั้นตั้งคำถาม (Question: Q) ขั้นหาคำตอบ (Answer: A) ขั้นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Share: S) และขั้นประเมินตามสภาพจริง (Assessment: A)หรือ QASA Model (ภาพที่ 2.5) นอกจากนี้พบว่า 1) รูปแบบนี้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.47, SD =0.75) มีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ 2) นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนส่วนใหญ่คิดว่า รูปแบบนี้เป็นความแปลกใหม่ ได้ฝึกคิดวิเคราะห์ที่ช่วยให้ตื่นตัวในการเรียนตลอดเวลา การจัดกลุ่มเรียนรู้ทำให้มีปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับเพื่อนและครู มีความสุขจากการเรียนรู้อย่างอิสระตามศักยภาพ ทำให้รู้สึกดีต่อวิชาเคมี

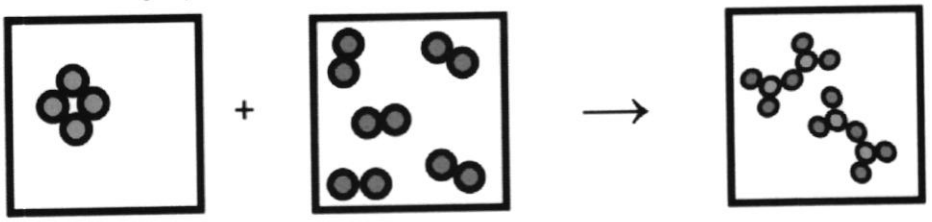


ภาพที่ 2.5 รูปแบบการเรียนการสอนเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

Stephanie Kimberlin and Ellen Yezierski (2015: 156-164) ได้ใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะเพื่อพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนมติ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้กิจกรรมสืบเสาะ 2 กิจกรรม คือ 1) กิจกรรมการวาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของสมการเคมีในระดับอนุภาค (BPW)

The diagrams below represent a particulate drawing of a balanced chemical equation of phosphorus and oxygen reacting.

Use the following key to interpret the diagram: phosphorus oxygen

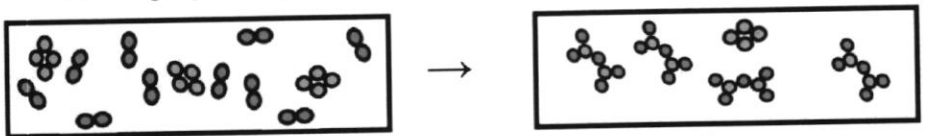


A) Using the particulate drawing above write a balanced symbolic equation of the reaction of phosphorus and oxygen.

B) How does the above particulate drawing assist you in deriving a balanced symbolic chemical equation?

C) Refer to the diagram below to answer the following questions.

Use the following key to interpret the diagram: phosphorus oxygen



reactants products

A student wrote the following chemical equation to represent the reaction in the diagram above:

$3P_4 + 10O_2 \rightarrow 4P_2O_5 + P_4$. Explain in as much detail as possible why the student's chemical equation is inaccurate.

ภาพที่ 2.6 กิจกรรมการวาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของสมการเคมีในระดับอนุภาค (BPW)

และ 2) ให้นักเรียนคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเมื่อทราบอัตราส่วนที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยาพอดีกันโดยทราบว่าสารใดทำปฏิกิริยาหมดและสารใดเหลือ เหลือเท่าไร พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.6 การหาปริมาตรของแก๊ส

2.6.1 การหาปริมาตรของแก๊สโดยวิธีการแทนที่น้ำ

2.6.1.1 หลักการ

การหาปริมาตรของแก๊ส โดยใช้วิธีการแทนที่น้ำ สามารถคำนวณหาปริมาณของแก๊สที่เกิดขึ้น โดยสมมุติให้แก๊สมีพฤติกรรมเหมือนแก๊สในอุดมคติ จำนวนโมลของแก๊สสามารถคำนวณหาได้จาก กฎของแก๊สสมบูรณ์แบบ (ideal gas หรือ perfect gas law) แก๊สที่เป็นแก๊สสมบูรณ์แบบ จะประพฤติตัวตามความสัมพันธ์ดังสมการ

$$PV = nRT \qquad (2.1)$$

เมื่อ n = จำนวนโมลของแก๊สที่เกิดขึ้น

R = ค่าคงที่ของแก๊ส มีค่าเท่ากับ 0.08206 $L.atm.mol^{-1}.K^{-1}$

T = อุณหภูมิในหน่วยเคลวิน (K), 0 °C = 273.15 K

V = ปริมาตรของแก๊สในหน่วย cm^3

P = ความดันของแก๊สในหน่วย atm

โดยที่ความดันในขวดปริมาตร (P_{gas}) จะมีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างความดันบรรยากาศ (P_{atm}) กับความดันไอน้ำอิ่มตัว ($P_{น้ำ}$) ที่อุณหภูมิของน้ำขณะทำการทดลอง

$$P_{gas} = P_{atm} - P_{น้ำ} \qquad (2.2)$$

โดย P_{atm} อ่านค่าได้จากเครื่องบารอมิเตอร์ในห้องปฏิบัติการ

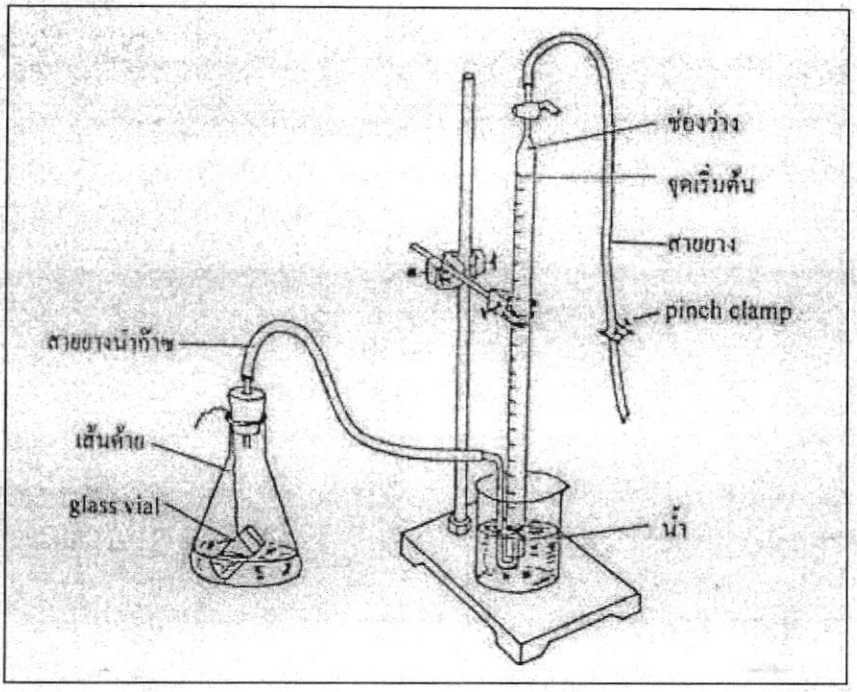
$P_{น้ำ}$ อ่านค่าได้จากตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าความดันไอของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ

T(°C)	P (mmHg)	T(°C)	P (mmHg)	T(°C)	P (mmHg)
20	17.5	30	31.8	40	55.3
21	18.8	31	33.7	41	58.3
22	19.8	32	35.7	42	61.5
23	21.1	33	37.7	43	64.8
24	22.4	34	39.9	44	68.3
25	23.8	35	42.2	45	71.9
26	25.2	36	44.6	46	75.7
27	26.7	37	47.1	47	79.6
28	28.3	38	49.7	47	83.7
29	30.0	39	52.4	49	88.

2.6.2 วิธีการจัดอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาปริมาตรของแก๊ส

การจัดเตรียมเครื่องมือการทดลอง จัดเครื่องมือดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.1 ก่อนที่จะจัดควรจะล้าง Erlenmeyer flask ให้สะอาดและล้าง อีกครั้งด้วยน้ำกลั่น บรรจุน้ำลงในบิวเรตให้เต็มแล้วจับบิวเรตคว่ำครอบท่อนำแก๊สในบีกเกอร์ขนาด 250 cm^3 ที่มีน้ำอยู่ประมาณ 150 cm^3 โดยให้ปลายที่มี Stopcock อยู่ข้างบนและควรจะมีอากาศเหลืออยู่บ้าง (dead space) เพื่อที่จะสามารถอ่านปริมาตรของน้ำในบิวเรตได้ ควรระมัดระวังในการอ่านปริมาตรน้ำเพราะเป็นการอ่านกลับข้างของตัวเลขที่ปรากฏอยู่ที่ด้านข้างของบิวเรต ถ้าระดับน้ำอยู่ที่ 50.00 cm^3 ก็แสดงว่าปริมาตรของน้ำในบิวเรตเป็น 50.00 cm^3 เมื่อมีการแทนที่น้ำด้วยแก๊สที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ปริมาตรของแก๊สจะเท่ากับผลต่างของปริมาตรของน้ำในบิวเรตตอนเริ่มต้น และตอนที่ปฏิกิริยาสิ้นสุดแล้ว



ภาพที่ 2.7 การจัดอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาปริมาตรของแก๊ส

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริง เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวิชาเคมี ผู้วิจัยได้มุ่งสำรวจความเข้าใจของนักเรียน โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 การพัฒนากิจกรรมการลงมือปฏิบัติการทดลองโดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด

3.2 การพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

3.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.5 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 การพัฒนากิจกรรมการลงมือปฏิบัติการทดลองโดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด

3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ ชุดปฏิบัติการทดลองโดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

3.1.1.1 สารเคมีและวัสดุอุปกรณ์ ดังภาพที่ 3.1

1) ผงฟู (โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต, $NaHCO_3$)
2) แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)
3) กรดน้ำส้มสายชู (กรดแอซิติก 5% w/v, CH_3COOH)
4) เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง
5) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 125 มิลลิลิตร
6) กระบอกฉีดยา (Syringe) แบบแก้ว ขนาด 50 มิลลิลิตร
7) บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 มิลลิลิตร
8) ชุดนำแก๊ส (Gas outlet set) ประกอบด้วย สายยาง จุกยางปิดขวดรูปชมพู่ที่มีรูตรงกลาง
9) ขาตั้งและมือจับ (Stand and Clamp)

10) ปิเปต (Pipette) ขนาด 10 มิลลิลิตร

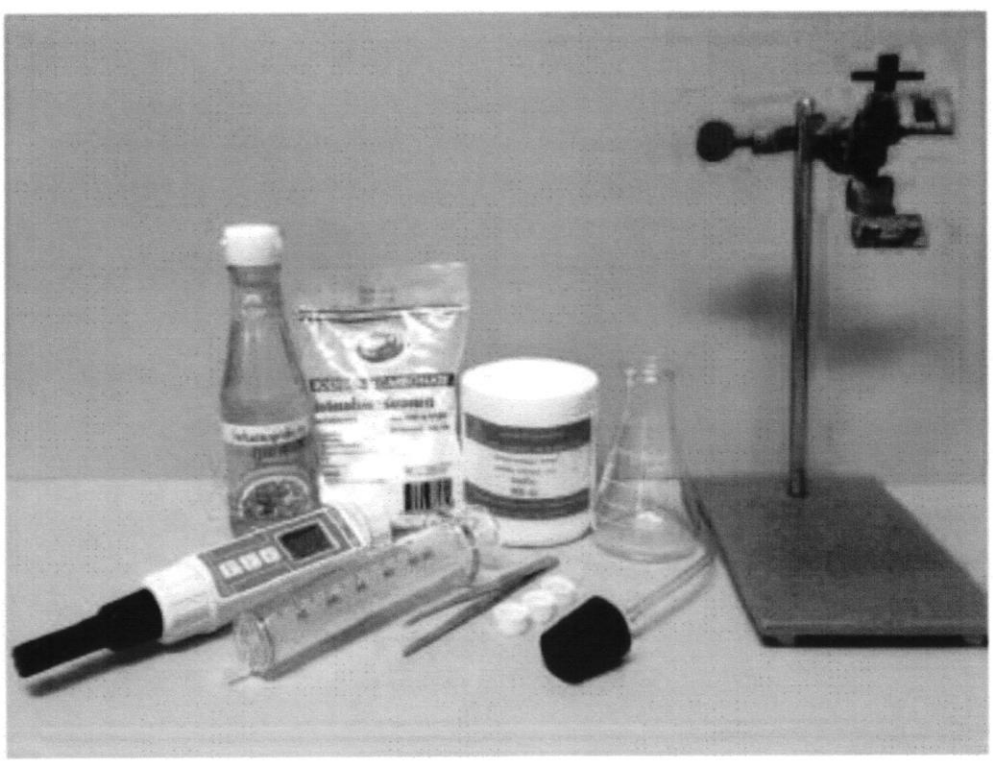
11) ฝาพลาสติก (Plastic vial)

12) คีมคีบ (Forceps)

13) ช้อนตักสาร (Spatula)

14) พาราฟิล์ม (Parafilm)

15) บารอมิเตอร์ (Barometer)



ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างสารเคมีและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดการทดลอง

3.1.2 วิธีการทดลอง โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด ดังภาพที่ 3.2

3.1.2.1 ชั่งสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ประมาณ 0.020 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) แล้วบรรจุลงในฝาพลาสติก

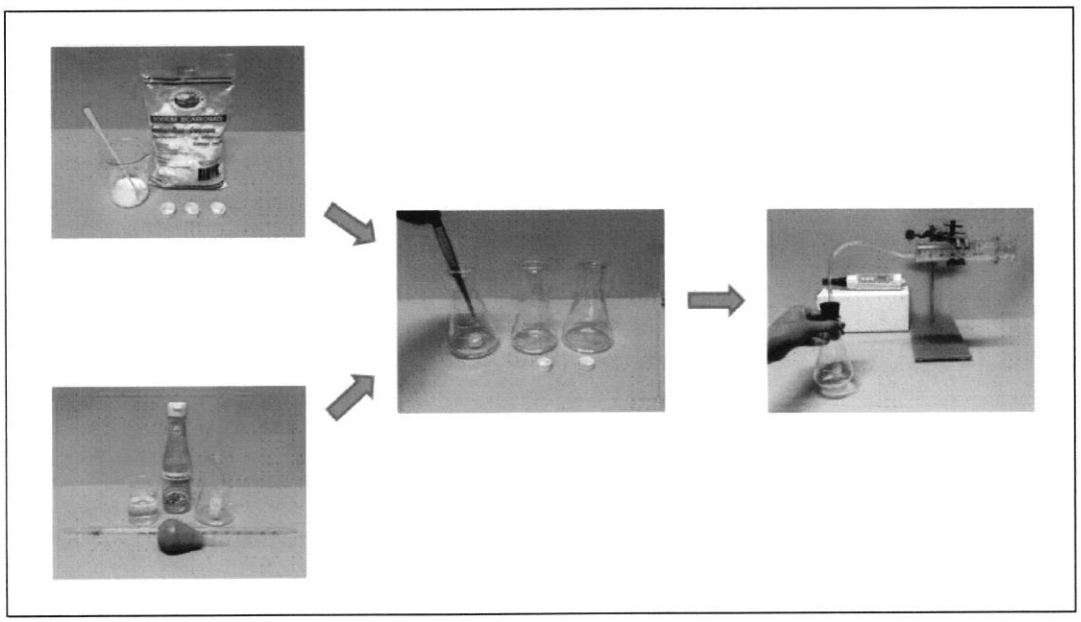
3.1.2.2 ปิเปตกรดน้ำส้มสายชู ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วบรรจุลงในขวดรูปชมพู่ขนาดขนาด 125 มิลลิลิตร

3.1.2.3 วางฝาพลาสติกที่มีสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตลงในขวดรูปชมพู่ที่บรรจุกรดน้ำส้มสายชูโดยใช้คีมคีบ (ระวัง! อย่าให้สารทั้งสองสัมผัสกัน)

3.1.2.4 ปิดปากขวดรูปชมพู่ด้วยจุกยางที่มีสายยางนำแก๊สที่เชื่อมต่ออยู่กับกระบอกฉีดยา จากนั้น พันจุกยางด้วยแผ่นพาราฟิล์มเพื่อป้องกันการรั่วไหลของแก๊สที่เกิดขึ้น

3.1.2.5 เขย่าขวดรูปชมพู่อย่างต่อเนื่องเพื่อให้สารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับกรดน้ำส้มสายชูอย่างสมบูรณ์ จากนั้นบันทึกปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้นในกระบอกฉีดยา

3.1.2.6 ทำการทดลองในลักษณะเดิม โดยคงปริมาตรน้ำส้มสายชูคงไว้ที่ 2 มิลลิลิตร แต่เพิ่มน้ำหนักของสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตขึ้นครั้งละ 0.02 กรัม จนกระทั่งปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้นคงที่ รวมทั้งเปลี่ยนชนิดของสารประกอบคาร์บอเนตจากโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการทดลองสำหรับปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชู

3.1.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยนำผลที่ได้จากการทดลองมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลของสารประกอบคาร์บอเนตที่ใช้กับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น หาสารกำหนดปริมาณโดยพิจารณาจากช่วงที่กราฟมีการเปลี่ยนแปลงความชัน หาจุดสมมูลของปฏิกิริยาหรือจุดที่สารสองตัวทำปฏิกิริยาพอดีกันได้จากจุดตัดของกราฟที่มีการเปลี่ยนแปลงของความชัน จากนั้นทำนายปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะเกิดขึ้นจริง เมื่อทราบอุณหภูมิและความดันบรรยากาศขณะทำการทดลอง โดยใช้สมการของแก๊สสมบูรณ์ $PV = nRT$ เมื่อ R เป็นค่าคงที่ของแก๊ส มีค่าเท่ากับ 0.08206 $L.atm.mol^{-1}.K^{-1}$ และคำนวณหาผลได้ร้อยละได้จากสูตรร้อยละของผลได้ $= \frac{\text{ผลที่ได้จริง}}{\text{ผลตามทฤษฎี}} \times 100$ โดยผลที่ได้จริงได้จากสมการของแก๊สสมบูรณ์ และผลตามทฤษฎีหาได้จากการความสัมพันธ์ของสารในสมการเคมี

3.2 การพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

3.2.1 แบบแผนการวิจัย

งานวิจัยนี้มีแบบแผนการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวมีการทดสอบก่อนและหลัง (One-group pretest and posttest design) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

O_1 ---------- X ---------- O_2

O_1 หมายถึง การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)

X หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติจริง (Hands -on) เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรด

O_2 หมายถึง การทดสอบหลังเรียน (Posttest)

3.2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.2.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1-4/4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนโนนสูงศรีธานี อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 31 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 183 คน

3.2.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนโนนสูงศรีธานี อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 31 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 45 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

3.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหาในวิชาเคมี 2 ว 30222 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ จำนวน 9 ชั่วโมง

ตารางที่ 3.1 เนื้อหาและเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด

เนื้อหา	เวลาที่ใช้สอน (ชั่วโมง)
1. ความสัมพันธ์ของสารในสมการเคมี	3
2. สารกำหนดปริมาณ	3
3. ผลได้ร้อยละ	3

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ที่เน้นการปฏิบัติจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 แผน รวมเวลา 9 ชั่วโมง ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 จำนวนชั่วโมงเรียนและกิจกรรมการเรียนรู้หลักในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการเรียนรู้เรื่อง	ชั่วโมง	กิจกรรมหลัก
1. ความสัมพันธ์ของสารในสมการเคมี	3	การทดลอง เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ประกอบด้วย การทดลอง การหาปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับน้ำส้มสายชู โดยใช้กระบอกฉีดยา
2. สารกำหนดปริมาณ	3	
3. ผลได้ร้อยละ	3	
รวม 3 แผน	9 ชั่วโมง	

3.4.2 ชุดกิจกรรมและใบกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์จากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด โดยใช้กระบอกฉีดยา สำหรับทดลอง บันทึกผลการทดลอง และตอบคำถามท้ายการทดลอง

3.4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ แบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก 4 ลำดับขั้น (4-tier diagnostic tests) จำนวน 10 ข้อ ชนิดที่ให้นักเรียนให้เหตุผลในการเลือกตอบ และมีระดับความมั่นใจ ให้มีข้อสอบอยู่ในระดับความจำ (Knowledge) ความเข้าใจ (Understanding) การประยุกต์ใช้ (Applying) ระดับการวิเคราะห์ (Analyzing) ตาม Bloom's Taxonomy ก่อนเรียน จำนวน 10 ข้อ และหลังเรียนจำนวน 10 ข้อ (ก่อนเรียนหลังเรียนเป็นข้อสอบคนละชุดแต่มีลักษณะคำถามคล้ายคลึงกัน) โดยในแต่ละข้อเป็น

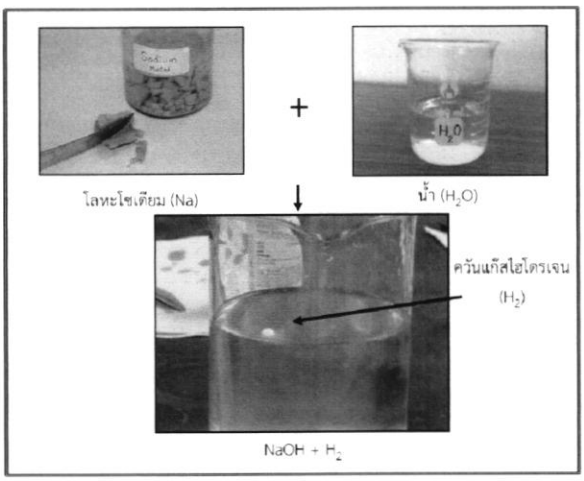
ข้อสอบแบบตัวเลือกสองลำดับขั้น (4-tiers) ซึ่งประกอบด้วย คำถาม ชนิด 4 ตัวเลือกประกอบด้วย 1) ตัวเลือก 4 ตัวเลือก 2) ระดับความเชื่อมั่นสำหรับตัวเลือก 6 ระดับ 3) เหตุผลที่ใช้ในการตอบคำถาม 4) ระดับความเชื่อมั่นสำหรับตัวเลือก 6 ระดับ

ตารางที่ 3.3 จำนวนข้อสอบแบ่งตามเนื้อหา และระดับของข้อสอบแบ่งตาม Bloom's Taxonomy

เนื้อหา	ระดับข้อสอบตาม Bloom's Taxonomy
1. ความสัมพันธ์ของสารในสมการเคมี	
ข้อที่ 1	ความเข้าใจ
ข้อที่ 2	ความเข้าใจ
ข้อที่ 3	ความเข้าใจ
ข้อที่ 4	ความเข้าใจ
2. สารกำหนดปริมาณ	
ข้อที่ 5	ความเข้าใจ
ข้อที่ 6	ความเข้าใจ
ข้อที่ 7	ความเข้าใจ
3. ผลได้ร้อยละ	
ข้อที่ 8	ความเข้าใจ
ข้อที่ 9	การประยุกต์ใช้
ข้อที่ 10	การประยุกต์ใช้

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์
แบบปรนัย 4 ลาดับขั้น (4-tier diagnostic tests)

6. จากปฏิกิริยาของโลหะโซเดียมกับน้ำ ดังสมการ $2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2$ ถ้าใช้ Na จำนวน 25.5 กรัม ทำปฏิกิริยากับน้ำจำนวน 50 กรัม สารใดเป็นสารเหลือ เหลือกี่กรัม (Na=23, H=1, O=16) (ข้อสอบวัดความเข้าใจ)



ภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง Mg กับ HCl

ก. Na เหลือ 0.5 กรัม
ข. Na เหลือ 15.5 กรัม
ค. H_2O เหลือ 20.05 กรัม
ง. H_2O เหลือ 30.04 กรัม

ตารางที่ 3.4 ระดับความมั่นใจสำหรับตัวเลือก

1	2	3	4	5	6
เดาคำตอบที่เลือก	ไม่ค่อยมั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	ไม่มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมากที่สุด

แสดงวิธีการคำนวณ

ตารางที่ 3.5 ระดับความมั่นใจสำหรับวิธีการคำนวณ

1	2	3	4	5	6
เดาวิธีการคำนวณ	ไม่ค่อยมั่นใจวิธีการคำนวณมาก	ไม่มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณมาก	มั่นใจวิธีการคำนวณมากที่สุด

3.4.4 แบบประเมินความสามารถด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ โดยประกอบด้วยทักษะสำคัญๆ ได้แก่ การวางแผนขั้นตอนการปฏิบัติงานการสังเกตและบันทึกผล การสรุปความรู้และแปลผล และการนำเสนอผลงาน

ตารางที่ 3.6 เกณฑ์การให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. การวางแผนขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง	ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ทันเวลาใช้อุปกรณ์และสารเคมีอย่างถูกต้อง คล่องแคล่ว และเหมาะสม	ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ทันเวลา ใช้อุปกรณ์และสารเคมีบางอย่างยังไม่ถูกต้องเหมาะสม	ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ไม่ทันเวลาที่กำหนด ใช้อุปกรณ์และสารเคมีบางอย่างยังไม่ถูกต้องเหมาะสม	ทดลองไม่ครบตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ไม่ทันเวลาที่กำหนด ใช้อุปกรณ์และสารเคมียังไม่ถูกต้องเหมาะสม
2. การสังเกตและบันทึกผลการทดลอง	สังเกตและบันทึกผลการทดลองถูกต้อง คล่องแคล่ว ครบถ้วนตามการทดลอง	สังเกตและบันทึกผลการทดลองถูกต้องคล่องแคล่ว แต่ไม่ครบตามการทดลอง	สังเกตและบันทึกผลการทดลองไม่ถูกต้องบางส่วน และไม่ครบตามการทดลอง	สังเกตและบันทึกผลการทดลองไม่ถูกต้อง และไม่ครบตามการทดลอง

ตารางที่ 3.6 เกณฑ์การให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
3. การแปลผลและสรุปผลการทดลอง	แปลความหมายข้อมูลได้ถูกต้องลงข้อสรุปและอภิปรายผลสอดคล้องกับข้อมูลและครอบคลุมเนื้อหา	แปลความหมายข้อมูลได้ถูกต้องลงข้อสรุปและอภิปรายผลสอดคล้องกับข้อมูลแต่ไม่ครอบคลุมเนื้อหา	แปลความหมายข้อมูลข้อมูลได้ถูกต้องบางส่วนลงข้อสรุปหรืออภิปรายผลสอดคล้องกับข้อมูลแต่ไม่ครอบคลุมเนื้อหา	แปลความหมายข้อมูลข้อมูลได้ถูกต้องลงข้อสรุปและอภิปรายผลไม่สอดคล้องกับข้อมูลและไม่ครอบคลุมเนื้อหา
4. การนำเสนอผลการทดลอง	นำเสนอผลการทดลอง อย่างถูกต้อง ชัดเจน กระชับ	นำเสนอผลการทดลองอย่างถูกต้องแต่ยังไม่กระชับ	นำเสนอผลการทดลองไม่ถูกต้องบางส่วน และไม่ชัดเจน	นำเสนอผลการทดลองไม่สื่อความหมาย และไม่ชัดเจน

3.4.5 แบบสอบถามความพึงพอใจมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert technique) ต่อการจัดการเรียนรู้โดยชุดการทดลองการทำปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรด เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

ตารางที่ 3.7 ข้อคำถามในแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ แยกตามประเด็นการประเมิน

ประเด็นหลักในการประเมิน	ข้อที่
ด้านการสอน	1-5
ด้านกิจกรรมการทดลอง	6-10
ด้านประโยชน์ต่อนักเรียน	11-15
Total	15

3.5 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

3.5.1 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ที่เน้นการปฏิบัติจริง

3.5.1.1 ศึกษาหลักสูตรและขอบข่ายของเนื้อหาวิชาเคมี ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อให้เข้าใจโครงสร้างของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การวัดและการประเมินผล

3.5.1.2 ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ เพื่อที่จะนามาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้จากหนังสือเรียนวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 2 และคู่มือครูรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 2 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ เพื่อกำหนดความคิดรวบยอด จุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาในแผนการจัดการเรียนรู้

3.5.1.3 วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนการสอนจากหนังสือเรียนวิชาเคมี เพิ่มเติม เล่ม 2 และคู่มือครูรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 2

3.5.1.4 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น และการปฏิบัติจริง (Hands-on)

3.5.1.5 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ที่เน้นการปฏิบัติจริง

3.5.1.6 ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คนตรวจ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ 4 ท่าน ที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี 2 ด้านหลักสูตรและการสอน และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบประเมินความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

นำคะแนนแต่ละข้อมาแปลความหมายหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีเกณฑ์การพิจารณาผลการประเมินความเหมาะสมตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

ช่วงคะแนน 4.51–5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ช่วงคะแนน 3.51–4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ช่วงคะแนน 2.51–3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ช่วงคะแนน 1.51–2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ช่วงคะแนน 1.00–1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

ถ้าค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีค่าตั้งแต่ 2.50 ขึ้นไปและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าแผนการสอนมีความเหมาะสม โดยผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ระดับคุณภาพเหมาะสมมาก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.71

3.5.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ ไปทดลองใช้กับนักเรียน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมเวลาที่ใช้ ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน แล้วนำแผนการสอนไปปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่งให้เหมาะสมยิ่งขึ้น และนำแผนการสอนไปใช้ในครั้งต่อๆไป

3.5.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบ 4 ลำดับขั้น (4-tier diagnostic tests) เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

3.5.2.1 ศึกษาเนื้อหา งานวิจัยในอดีต เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ จากนั้นกำหนดกรอบแนวคิดและขอบข่ายโครงสร้างของคำถาม

3.5.2.2 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบ 4 ลำดับขั้น เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ คือ แบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก 4 ลำดับขั้น (4-tier diagnostic tests) ได้ปรับปรุงเกณฑ์การวิเคราะห์จากงานวิจัย Sreenivasulu and Subramaniam (2014) จำนวน 10 ข้อ ชนิดที่ให้นักเรียนให้เหตุผลในการเลือกตอบ และมีระดับความมั่นใจ ให้มีข้อสอบอยู่ในระดับความจำ (Knowledge) ความเข้าใจ (Understanding) การประยุกต์ใช้ (Applying) ระดับการวิเคราะห์ (Analyzing) ตาม Bloom's Taxonomy ก่อนเรียน จำนวน 10 ข้อ และหลังเรียนจำนวน 10 ข้อ โดยในแต่ละข้อเป็นข้อสอบแบบตัวเลือกสี่ลำดับขั้น (4-tiers) ซึ่งประกอบด้วย 1) ตัวเลือก 4 ตัวเลือก 2) ระดับความเชื่อมั่นสำหรับตัวเลือก 6 ระดับ 3) เหตุผลที่ใช้ในการตอบคำถาม และ 4) ระดับความเชื่อมั่นสำหรับตัวเลือก 6 ระดับ

3.5.2.3 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา การใช้ภาษา เวลาสอบ และความเหมาะสมของคำถามที่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์โดยพิจารณาให้ความเห็นและให้คะแนน เพื่อพิจารณาค่า IOC (Item Objective Concurrence)

3.5.2.4 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปถือว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้และข้อใดมีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 นำมาปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น

3.5.2.5 นำแบบทดสอบที่ได้ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนโนนสูง-ศรีธานี อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 44 คน ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่องปริมาณสารมพันธ์ (Try-out)

3.5.2.6 ผลการตรวจคะแนนมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบโดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (Difficulty) ระหว่าง 0.20–0.80 และหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของข้อสอบ แล้วเลือกเฉพาะข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป ผลการวิเคราะห์ข้อสอบ แสดงดังตาราง

ตารางที่ 3.8 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์

ข้อที่	ค่าความยาก(P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.55	0.55
2	0.75	0.23
3	0.73	0.27
4	0.52	0.68
5	0.55	0.45
6	0.50	0.36
7	0.80	0.32
8	0.61	0.32
9	0.61	0.32
10	0.73	0.45

3.5.2.7 นำแบบทดสอบไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

3.5.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นที่เน้นการปฏิบัติจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3.5.3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ เพื่อนำมากำหนดกรอบรายการวัดความพึงพอใจ

3.5.3.2 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจตามประเด็นการประเมิน คือ ด้านการสอนกิจกรรมการทดลอง และประโยชน์ต่อนักเรียน ตามระดับความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 15 ข้อ รายละเอียดดังตารางที่ 5.2 และกำหนดระดับความพึงพอใจของนักเรียน เป็น 5 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51–5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51–4.50 หมายถึง พึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51–3.50 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51–2.50 หมายถึง พึงพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00–1.50 หมายถึง พึงพอใจที่สุด

3.5.3.3 นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้น ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหาและความชัดเจนด้านภาษา แล้วนำมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ จัดพิมพ์แบบสอบถามเพื่อนำไปสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้ชุดการทดลองการทำปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรด

3.5.3.4 ผลการหาคุณภาพของแบบสอบถาม มีค่า IOC เท่ากับ 1.00

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามขั้นตอนดังนี้

3.6.1 วัดความเข้าใจ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ในกลุ่มตัวอย่างโดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจแบบ 4 ลำดับขั้น (4-tier diagnostic tests) จำนวน 10 ข้อ

3.6.2 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ที่เน้นการปฏิบัติจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างไว้จำนวน 3 แผน รวม 9 ชั่วโมง และปฏิบัติการทดลองการทำปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับน้ำส้มสายชู โดยใช้กระบอกฉีดยา

3.6.3 ทดสอบหลังเรียน (Posttest) ในกลุ่มตัวอย่างโดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจแบบ 4 ลำดับขั้น (4-tier diagnostic tests) ชุดเดิมที่คล้ายคลึงกันแต่มีการสลับข้อคำถาม จำนวน 10 ข้อ

3.6.4 วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น ซึ่งเป็นการประเมินรายกลุ่ม ใช้วิธีสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำการทดลอง โดยพิจารณาจากเกณฑ์การประเมินตามสภาพจริง

3.6.5 วัดความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามประเด็นการประเมิน คือ ด้านการสอน กิจกรรมการทดลอง และประโยชน์ต่อนักเรียน ตามระดับความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 15 ข้อ

3.6.6 นำข้อมูลจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน หลังเรียนและแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการทางสถิติ

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.7.1 เกณฑ์การวิเคราะห์ข้อมูล

3.7.1.1 วิเคราะห์ความเข้าใจของนักเรียน เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา โดยใช้สถิติพื้นฐานค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.7.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากข้อสอบแบบ 4 ลำดับขั้น (4-tier diagnostic tests) โดยผู้วิจัยได้ปรับปรุงเกณฑ์การวิเคราะห์จากงานวิจัย Sreenivasulu and Subramaniam (2014) ตามเกณฑ์การประเมินดังนี้

1) CF (Confidence) หมายถึง ความมั่นใจ
2) CFC (Confidence when correct) หมายถึง มั่นใจเมื่อถูก
3) CFW (Confidence when wrong) หมายถึง มั่นใจเมื่อผิด
4) CQD (Confidence Discrimination Quotient) หมายถึง ความมั่นใจอำนาจจำแนก หาได้จากสูตร $\left(\frac{(CFC-CFW)}{SD_{CF}}\right)$
5) CB (Confidence Bas) หมายถึง ความมั่นใจความลำเอียง หาได้จากสูตร $\left(\frac{CF-1}{5}\right)-A^{*}$ เมื่อ A^{*} คือถูกทั้งตัวเลือกและเหตุผล

3.7.1.3 วิเคราะห์หาค่าร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ จากนักเรียนที่ตอบถูกเหตุผลผิด หรือ ตอบผิดเหตุผลถูก

3.7.1.4 วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.7.1.5 วิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐานค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียน เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้ชุดการทดลองจากปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับน้ำส้มสายชู โดยใช้กระบอกฉีดยา

3.7.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.7.2.1 เปรียบเทียบคะแนนสอบโดยใช้สถิติพื้นฐานค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.7.2.2 คิดร้อยละความเข้าใจคลาดเคลื่อน และตีความหมายข้อมูล เขียนบรรยาย เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์

3.7.2.3 วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.7.2.4 วิเคราะห์ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตีความหมายข้อมูล เขียนบรรยาย โดยใช้การหาค่าเฉลี่ย (Mean) การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) 5 ระดับ ดังนี้

5 = ความพึงพอใจมากที่สุด

4 = ความพึงพอใจมาก

3 = ความพึงพอใจปานกลาง

2 = ความพึงพอใจน้อย

1 = ความพึงพอใจน้อยที่สุด

ตารางที่ 3.9 เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

ระดับคะแนน	การแปลผล
5.00 – 4.50	ความพึงพอใจมากที่สุด
4.49 – 3.50	ความพึงพอใจมาก
3.49 – 2.50	ความพึงพอใจปานกลาง
2.49 – 1.50	ความพึงพอใจน้อย
0.00 – 1.49	ความพึงพอใจน้อยที่สุด

บทที่ 4
ผลการวิจัย และอภิปรายผล

การวิจัยและอภิปรายผลเกี่ยวกับการส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรด โรงเรียนโนนสูงศรีธานี อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 31 ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือคือชุดการทดลองการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดโดยใช้กระบอกฉีดยา เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ไปดำเนินทดลองพร้อมเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก 4 ลำดับขั้น (4-tier diagnostic tests) และแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์การวิจัยและนำเสนอผลการวิจัยตามลำดับดังต่อไปนี้

4.1 การพัฒนากิจกรรมการทดลอง เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรด

4.2 การพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรด

4.3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on)

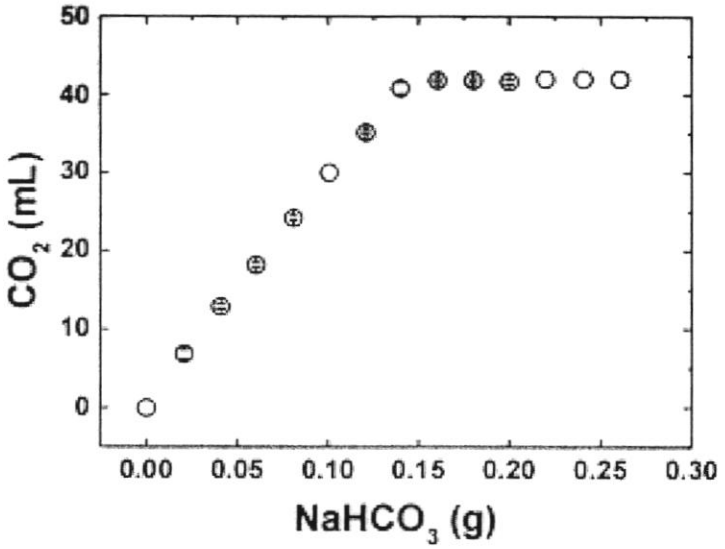
4.1 การพัฒนากิจกรรมการทดลอง เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรด

ปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) กับกรดแอซิติกจากน้ำส้มสายชู สมการเคมีเป็นดังนี้

$$NaHCO_3(s) + CH_3COOH(aq) \longrightarrow CH_3COONa(aq) + H_2O(l) + CO_2(g) \qquad (4.1)$$

จากสมการข้างต้น ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจะได้เกลือโซเดียมแอซิเตต (CH_3COONa) น้ำ (H_2O) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นสารผลิตภัณฑ์ จากการทดลองดังกล่าว เราสามารถศึกษาปริมาณสัมพันธ์จากการวัดปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นได้โดยใช้กระบอกฉีดยาซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดปริมาตรที่หาได้ง่าย อ่านปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้โดยตรงจากกระบอก

ฉีดยา จากนั้นนำผลในการทดลองมาสร้างกราฟระหว่างน้ำหนักของผงฟูกับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (ภาพที่ 4.1) เมื่อกำหนดให้ปริมาตรของน้ำส้มสายชูคงที่ที่ 2 มิลลิลิตร



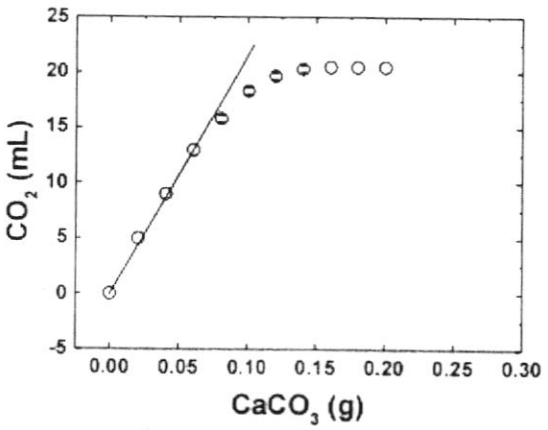
ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) กับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้น เมื่อใช้ปริมาตรของน้ำส้มสายชู 2 มิลลิลิตร

จากภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าเมื่อคงปริมาตรน้ำส้มสายชูไว้ที่ 2 มิลลิลิตร ในช่วงแรกปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณของผงฟู กล่าวคือ เมื่อเพิ่มน้ำหนักของผงฟูให้มากขึ้นเรื่อยๆ พบว่าปริมาตร ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ และเริ่มคงที่เมื่อใช้น้ำหนักของผงฟูประมาณ 0.14 กรัม แสดงว่า ในช่วงดังกล่าวนี้ ผงฟูเป็นสารกำหนดปริมาณ (limiting reagent) ส่วนน้ำส้มสายชูเป็นสารที่มากเกินพอ (excess) นั่นหมายความว่า การทดลองแต่ละครั้งในช่วงนี้จะมีน้ำส้มสายชูบางส่วนที่เหลือ และเมื่อทำการทดลองต่อไปเรื่อย ๆ โดยเพิ่มปริมาณผงฟูให้มากขึ้น พบว่า ปริมาตรแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นมี แนวโน้มคงที่ ถึงแม้ว่าจะใช้ผงฟูในปริมาณที่มากขึ้นก็ตาม แสดงว่า ในช่วงดังกล่าวนี้ น้ำส้มสายชูเป็นสารกำหนดปริมาณ ส่วนผงฟูกลายเป็นสารที่มากเกินพอแทน เราสามารถหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาหรือจุดที่สารสองตัวทำปฏิกิริยาพอดีกันได้จากจุดตัด ของกราฟที่มีการเปลี่ยนแปลงของความชัน

สารประกอบคาร์บอเนตอีกชนิดหนึ่งที่นำมาใช้ในการทดลองคือแคลเซียมคาร์บอเนต ปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) กับกรดแอซิติกจากน้ำส้มสายชู เป็นดังนี้

$$CaCO_3(s) + 2CH_3COOH(aq) \longrightarrow (CH_3COO)_2Ca(aq) + H_2O(l) + CO_2(g) \qquad (4.2)$$

เช่นเดียวกับปฏิกิริยาของผงฟูกับน้ำส้มสายชู สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา ระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) กับกรดแอซิติกจากน้ำส้มสายชูจะได้เกลือของ แคลเซียมแอซิเตต ($(CH_3COO)_2Ca$) น้ำ (H_2O) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) กราฟระหว่างน้ำหนักของผงฟูกับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อกำหนดให้ปริมาตรของน้ำส้มสายชูคงที่ที่ 2 มิลลิลิตร แสดงดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) กับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้น เมื่อใช้ปริมาตรของน้ำส้มสายชู 2 มิลลิลิตร

จากผลการทดลองทั้งสองการทดลอง พบว่าปริมาตรแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น ณ จุดสมมูลมีค่าแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าน้ำหนักของสารประกอบคาร์บอเนตและปริมาตรของ น้ำส้มสายชูจะมีค่าเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องมาจากอัตราส่วนโมลของสารที่เข้าทำปฏิกิริยาในสมการเคมีไม่เท่ากัน กล่าวคือ ในสมการที่ (4.1) $NaHCO_3$ ทำปฏิกิริยาพอดีกับ CH_3COOH ในอัตราส่วนโมลเป็น 1:1 ส่วนสมการที่ (4.2) $CaCO_3$ ทำปฏิกิริยาพอดีกับ CH_3COOH ในอัตราส่วนโมลเป็น 1:2 ตามลำดับ ดังนั้น เมื่อใช้จำนวนโมลของคาร์บอเนตในปริมาณที่เท่ากัน ปฏิกิริยาจาก $NaHCO_3$ จึงใช้กรดน้ำส้มสายชูน้อยกว่า ดังนั้นที่จุดสมมูลจึงเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าและมีปริมาตรเป็นสองเท่าของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากปฏิกิริยาของ $CaCO_3$ กับกรดน้ำส้มสายชู ซึ่งทั้งสองปฏิกิริยาสามารถทำนายปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะเกิดขึ้นได้ เมื่อทราบอุณหภูมิและความดันบรรยากาศขณะทำการทดลอง โดยใช้สมการของแก๊สสมบูรณ์ $PV = nRT$ เมื่อ R เป็นค่าคงที่ของแก๊ส มีค่าเท่ากับ 0.08206 $L.atm.mol^{-1}.K^{-1}$ และสามารถคำนวณหาผลได้ร้อยละได้

4.2 การพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา

4.2.1 เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังการจัดการเรียนรู้

ตารางที่ 4.1 จำนวนนักเรียน คะแนนต่ำสุด คะแนนสูงสุด ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ) ของนักเรียนที่ตอบถูกก่อนเรียนและหลังเรียน ผลต่างของคะแนนเฉลี่ย

คะแนน	จำนวน	คะแนนเต็ม	Min	Max	Mean	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ก่อนเรียน	45	10	1	4	2.53 (25.30%)	0.89
หลังเรียน	45	10	4	10	6.38 (63.80%)	2.23

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนกับหลังการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างปรากฏว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (6.38 หรือ ร้อยละ 63.80) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (2.53 หรือร้อยละ 25.30) แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ สูงขึ้นจริงซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงว่าการจัดการเรียนรู้โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ มีส่วนช่วยให้ (1) เกิดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการทดลอง (2) นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แก้ปัญหาด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยความเข้าใจโดยไม่ต้องท่องจำ ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น ซึ่งผลวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของอภินันท์ จันทรา และสุระ วุฒิพรม (2554) ได้สร้างชุดปฏิบัติการที่เน้นการปฏิบัติจริงเพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิด เรื่องจุดศูนย์กลางมวลและโมเมนต์ความเฉื่อย จากวัตถุรูปทรงต่างๆ จากการวิจัยพบว่า กลุ่มประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 190 คน และกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 49 คนที่เรียนด้วยชุดปฏิบัติการที่เน้นการปฏิบัติจริงได้รับการทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดก่อนและหลังการเรียนด้วยชุดปฏิบัติการที่เน้นการปฏิบัติจริงเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วนการทดสอบค่า t-test และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนด้วยค่า E1, E2 ผลการวิจัยพบว่าชุดปฏิบัติการที่เน้นการปฏิบัติจริงมี

ประสิทธิภาพ 82/80.75 ผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และผู้เรียนมีพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ดีขึ้น ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของธรรมนูญ ผ่านสำแดง (2554) ได้ศึกษาการใช้การสอนแบบปฏิบัติจริงเพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องรูปร่างโมเลกุล ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ นักเรียนมีกระบวนการคิดและทักษะการเรียนรู้พื้นฐาน 3 ด้าน คือ ทักษะการสังเกต การวิเคราะห์ และการคิดอย่างมีเหตุผล นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติจริงอยู่ในระดับมาก และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของศักดิ์ศรี สุภาษร และรุ่งนภา สายัญ (2554: 155-162) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นปฏิบัติจริงเพื่อพัฒนาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการเปลี่ยนแปลงสารและการแยกสาร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 การศึกษาค้นคว้าพบว่า ผลสัมฤทธิ์หลังการจัดการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติจริง (Hands–on) มีค่าเฉลี่ย 22.69 (SD 2.15) โดยเพิ่มจากผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนที่มีค่าเฉลี่ย 8.44 (SD 2.22) คิดเป็นคะแนนความก้าวหน้า 14.25 หรือร้อยละ 46.67 จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย dependent t-test พบว่า ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) นอกจากนี้ นักเรียนยังมีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับสูง (mean 4.68, S.D. 0.50) และมีความสามารถทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับดี (mean 3.75, SD 0.77) อาจเนื่องจากเมื่อก่อนนักเรียนไม่ได้ค่อยได้ปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง เมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมที่เน้นการปฏิบัติจริง (Hands-on) จึงทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ มีความสนใจ ตื่นเต้นอยากรู้อยากลอง ส่งผลให้มีคะแนนเฉลี่ยในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดี

4.2.2 ความเข้าใจแนวคิดของนักเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

การศึกษาความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา ซึ่งศึกษาเฉพาะคำตอบ ผลปรากฏดังนี้

ตารางที่ 4.2 ค่าร้อยละของนักเรียนที่ตอบตัวเลือกถูก ก่อนเรียนและหลังเรียน

ข้อที่	ร้อยละความเข้าใจของนักเรียน	
	ตอบตัวเลือกถูก ก่อนเรียน	ตอบตัวเลือกถูก หลังเรียน
1	20.00	53.33
2	33.33	77.78
3	24.44	77.78
4	37.78	51.11
5	35.56	53.33
6	15.56	51.11
7	13.33	77.78
8	26.67	64.44
9	22.22	60.00
10	24.44	71.11
เฉลี่ย	**25.33**	**63.78**

ตารางที่ 4.2 แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบตัวเลือกถูก โดยไม่พิจารณาเหตุผลก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา พบว่า นักเรียนที่ตอบตัวเลือกถูกหลังเรียน (ร้อยละ 63.78) สูงกว่าก่อนเรียน (ร้อยละ 25.33) แสดงว่าการจัดการเรียนรู้โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น แต่การพิจารณาเฉพาะการตอบตัวเลือกถูกอาจยังไม่สามารถบอกได้ว่านักเรียนตอบคำถามถูกต้องจากความเข้าใจจริงหรือไม่ เนื่องจากข้อสอบหนึ่งลำดับขั้นง่ายต่อการคาดเดา การศึกษาความเข้าใจของนักเรียนจึงต้องพิจารณาจากข้อสอบตัวเลือกสองลำดับขั้น (2- tier multiple choice test) โดยดูจากคำตอบและการอธิบายเหตุผลประกอบด้วย

การศึกษาความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา ซึ่งศึกษาเฉพาะคำตอบและเหตุผลที่ตอบ ปรับปรุงการวิเคราะห์ตัวเลือกสองลำดับขั้น (2-tier multiple choice test) จากงานวิจัย กมลนุช ไชยมัชชิม และเสนอ ชัยรัมย์ (2557) ผลปรากฏดังนี้

ตารางที่ 4.3 ค่าร้อยละของนักเรียนที่ตอบตัวเลือกถูก ตอบเหตุผลถูก และตอบตัวเลือกและเหตุผลถูก ก่อนเรียนและหลังเรียน

ข้อที่	ร้อยละความเข้าใจของนักเรียน					
	ก่อนเรียน			หลังเรียน		
	ตอบตัวเลือกถูก	ตอบเหตุผลถูก	ตอบตัวเลือกและเหตุผลถูกทั้งคู่	ตอบตัวเลือกถูก	ตอบเหตุผลถูก	ตอบตัวเลือกและเหตุผลถูกทั้งคู่
1	20.00	6.67	6.67	53.33	46.67	46.67
2	33.33	0.00	0.00	77.78	68.89	68.89
3	24.44	8.89	8.89	77.78	60.00	60.00
4	37.78	2.22	2.22	51.11	48.89	48.89
5	35.56	0.00	0.00	53.33	35.56	35.56
6	15.56	0.00	0.00	51.11	40.00	40.00
7	13.33	0.00	0.00	77.78	77.78	77.78
8	26.67	0.00	0.00	64.44	33.33	33.33
9	22.22	0.00	0.00	60.00	37.78	37.78
10	24.44	0.00	0.00	71.11	48.89	48.89
เฉลี่ย	**25.33**	**1.78**	**1.78**	**63.78**	**46.67**	**46.67**

ตารางที่ 4.3 แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบตัวเลือกถูก ตอบเหตุผลถูก และตอบตัวเลือกและเหตุผลถูก ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา พบว่า นักเรียนที่ตอบเฉพาะตัวเลือกถูก มีจำนวนมากกว่านักเรียนที่ตอบเหตุผลถูก และมากกว่านักเรียนที่ตอบทั้งตัวเลือกและเหตุผลถูก ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ทั้งนี้เป็นเพราะว่าโดยปกติแล้วนักเรียนมีความคุ้นเคยกับข้อสอบที่มีเพียงหนึ่งลำดับขั้นคือข้อสอบที่ตอบเฉพาะตัวเลือกเพียงอย่างเดียว มากกว่าข้อสอบที่เป็น 2 ลำดับขั้นคือให้ตอบตัวเลือกและตอบเหตุผลด้วย นักเรียนไม่เคยชินกับการให้เหตุผลในการเลือกคำตอบของข้อสอบ อีกทั้งข้อสอบหนึ่งลำดับขั้นสามารถคาดเดาได้ง่ายกว่า ดังนั้นจึงทำให้มีนักเรียนที่ตอบเฉพาะตัวเลือกถูกมีจำนวนมากกว่าที่ตอบโดยให้เหตุผลถูก เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนที่ตอบเฉพาะตัวเลือกถูกพบว่าหลังเรียนมีมากกว่าก่อนเรียน เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนที่ตอบ

เหตุผลถูกพบว่าหลังเรียนมีมากกว่าก่อนเรียน และเมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนที่ทั้งตอบตัวเลือกถูกและเหตุผลถูกพบว่าหลังเรียนมีมากกว่าก่อนเรียนเช่นกัน ทั้งนี้เป็นเพราะนักเรียนที่ตอบถูกเฉพาะตัวเลือกจะหมายถึง นักเรียนที่ยังมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน ดังนั้นความเข้าใจถูกต้องจะต้องพิจารณาจากการตอบทั้งตัวเลือกและเหตุผลตามเกณฑ์การพิจารณาแนวคิดของนักเรียนโดยอ้างอิงจาก Abraham et al. (1994: 147-165) ซึ่งจะเห็นว่าหลังเรียนนักเรียนตอบเหตุผลถูก และทั้งตัวเลือกและเหตุผลถูกมีจำนวนมากกว่าก่อนเรียน จึงสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยาส่งผลให้ความเข้าใจของนักเรียนในเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ มีความถูกต้องเพิ่มมากขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยพบว่า จำนวนนักเรียนที่ตอบตัวเลือกถูก (ร้อยละ 25.33) ตอบเหตุผลถูก (ร้อยละ 1.78) ตอบตัวเลือกและเหตุผลถูก (ร้อยละ 1.78) ก่อนเรียนมีค่าน้อยกว่าตัวเลือกถูก (ร้อยละ 63.78) ตอบเหตุผลถูก (ร้อยละ 46.67) ตอบตัวเลือกและเหตุผลถูก (ร้อยละ 46.67) หลังเรียน จึงสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา ส่งผลให้ความเข้าใจของนักเรียนในเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ มีความถูกต้องเพิ่มมากขึ้น

จะเห็นได้ว่าข้อสอบตัวเลือกสองลำดับขั้น (2- tier multiple choice test) สามารถศึกษาความเข้าใจของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ได้โดยดูจากคำตอบและการอธิบายเหตุผลโดยเน้นการศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนและกระตุ้นให้ผู้เรียนตอบคำถามโดยใช้ความเข้าใจมากกว่าความจำ แต่เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน สมบูรณ์ในการศึกษาแนวคิดของนักเรียนจึงได้สนใจในการวิเคราะห์ข้อสอบตัวเลือกสี่ลำดับขั้น (4-tier diagnostic tests) เพื่อให้ทราบระดับความมั่นใจของนักเรียนในการตอบคำถามและตอบเหตุผล

การศึกษาความเข้าใจของนักเรียนจากแบบทดสอบ 4 ลำดับขั้น (4-tier multiple choice test) ประกอบไปด้วย คำตอบ ระดับความมั่นใจในคำตอบ เหตุผล ระดับความมั่นใจในเหตุผล เพื่อใช้ในการศึกษาความรู้ความเข้าใจต่อระดับความมั่นใจข้อสอบมีทั้งหมด 10 ข้อ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ร้อยละความมั่นใจในการตอบคำถามก่อนเรียนหลังเรียนของนักเรียน

ข้อ	ก่อนเรียน														
	ตัวเลือก					เหตุผล					ตัวเลือกและเหตุผล				
	CF	CFC	CFW	CDQ	CB	CF	CFC	CFW	CDQ	CB	CF	CFC	CFW	CDQ	CB
1	8.89	6.67	2.22	1.34	-5.09	4.44	2.22	2.22	0.00	-5.98	4.44	2.22	0.00	2.07	-5.98
2	2.22	0.00	2.22	-0.67	0.24	2.22	0.00	2.22	-2.07	0.24	2.22	0.00	2.22	-2.07	0.24
3	11.11	6.67	4.44	0.67	-6.87	4.44	2.22	2.22	0.00	-8.20	4.44	2.22	4.44	-2.07	-8.20
4	6.67	4.44	2.22	0.67	-1.09	4.44	2.22	2.22	0.00	-1.53	4.44	2.22	2.22	0.00	-1.53
5	4.44	2.22	2.22	0.00	0.69	2.22	0.00	2.22	-2.07	0.24	2.22	0.00	2.22	-2.07	0.24
6	2.22	0.00	2.22	-0.67	0.24	2.22	0.00	2.22	-2.07	0.24	2.22	0.00	2.22	-2.07	0.24
7	2.22	2.22	0.00	0.67	0.24	2.22	0.00	2.22	-2.07	0.24	2.22	0.00	0.00	0.00	0.24
8	2.22	0.00	2.22	-0.67	0.24	2.22	0.00	2.22	-2.07	0.24	2.22	0.00	2.22	-2.07	0.24
9	2.22	0.00	2.22	-0.67	0.24	2.22	0.00	2.22	-2.07	0.24	2.22	0.00	2.22	-2.07	0.24
10	2.22	2.22	0.00	0.67	0.24	2.22	0.00	2.22	-2.07	0.24	2.22	0.00	0.00	0.00	0.24
mean	4.44	2.44	2.00	0.13	-1.09	2.89	0.67	2.22	-1.45	-1.40	2.89	0.67	1.78	-1.04	-1.40
SD	3.31	2.66	1.26	0.76	2.65	1.07	1.07	0.00	1.00	3.09	1.07	1.07	1.40	1.46	3.09

ตารางที่ 4.4 ร้อยละความมั่นใจในการตอบคำถามก่อนเรียนหลังเรียนของนักเรียน (ต่อ)

ข้อ	หลังเรียน														
	ตัวเลือก					เหตุผล					ตัวเลือกและเหตุผล				
	CF	CFC	CFW	CDQ	CB	CF	CFC	CFW	CDQ	CB	CF	CFC	CFW	CDQ	CB
1	28.89	26.67	2.22	2.58	-41.09	26.67	26.67	0.00	3.39	-41.54	24.44	24.44	0.00	2.98	-41.98
2	33.33	31.11	2.22	3.05	-62.42	33.33	31.11	2.22	3.67	-62.42	33.33	31.11	2.22	3.52	-62.42
3	40.00	33.33	6.67	2.81	-52.20	31.11	26.67	4.44	2.82	-53.98	28.89	26.67	2.22	2.98	-54.42
4	31.11	26.67	4.44	2.35	-42.87	33.33	26.67	6.67	2.54	-42.42	31.11	26.67	4.44	2.71	-42.87
5	37.78	35.56	2.22	3.52	-28.20	33.33	28.89	4.44	3.11	-29.09	33.33	28.89	2.22	3.25	-29.09
6	28.89	26.67	2.22	2.58	-34.42	28.89	28.89	0.00	3.67	-34.42	24.44	24.44	0.00	2.98	-35.31
7	51.11	48.89	2.22	4.93	-67.76	46.67	44.44	2.22	5.36	-68.65	46.67	44.44	2.22	5.15	-68.65
8	17.78	17.78	0.00	1.88	-29.97	17.78	17.78	0.00	2.26	-29.97	17.78	17.78	0.00	2.17	-29.97
9	22.22	22.22	0.00	2.35	-33.54	22.22	22.22	0.00	2.82	-33.54	22.22	22.22	0.00	2.71	-33.54
10	37.78	37.78	0.00	3.99	-41.53	35.56	35.56	0.00	4.52	-41.98	35.56	35.56	0.00	4.34	-41.98
mean	32.89	30.67	2.22	3.00	-43.40	30.89	28.89	2.00	3.42	-43.80	29.78	28.22	1.33	3.28	-44.02
SD	9.47	8.81	2.10	0.91	13.46	7.87	7.26	2.45	0.95	13.66	8.20	7.48	1.55	0.87	13.62

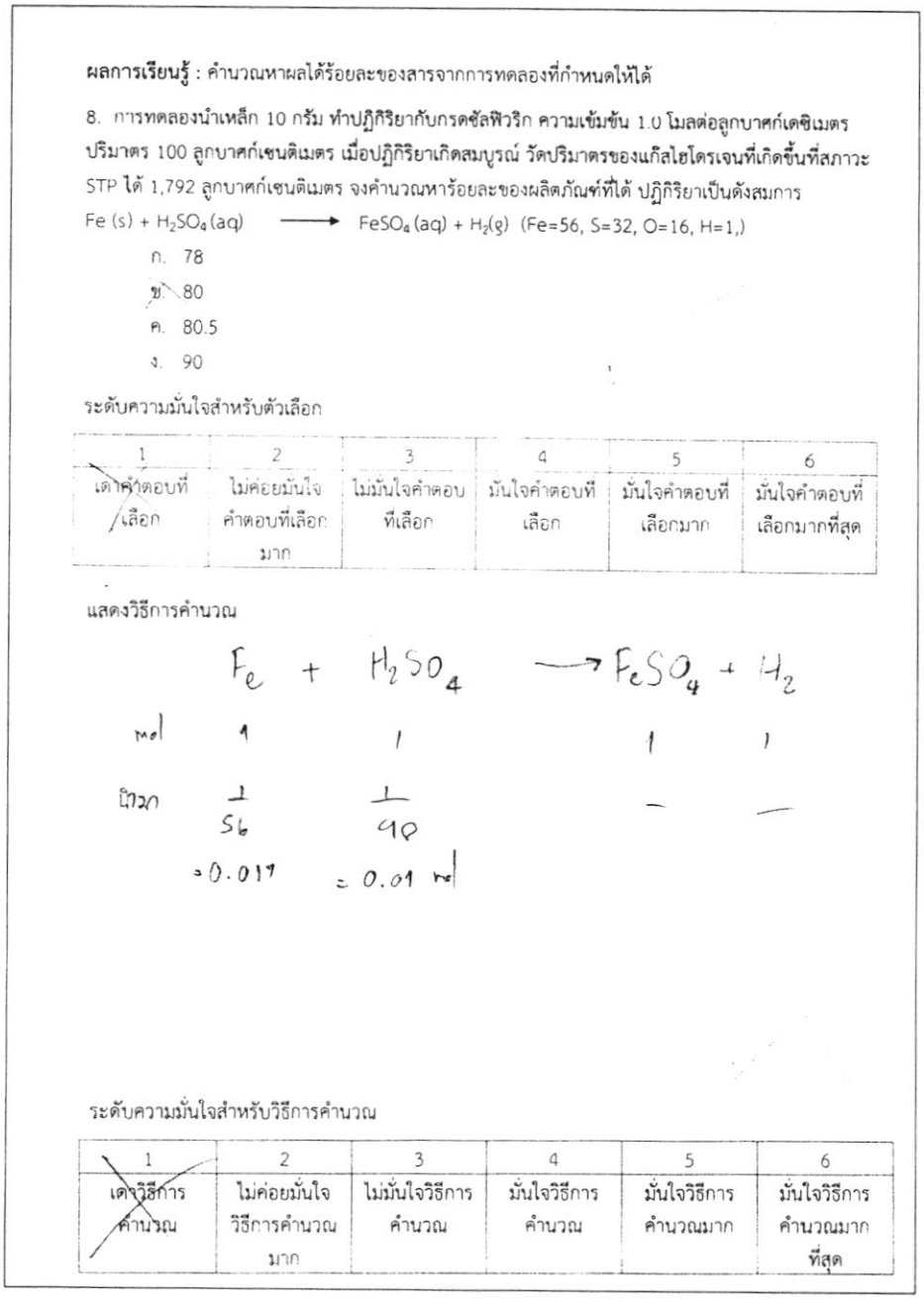
จากตารางที่ 4.4 ร้อยละความมั่นใจในการตอบคำถามก่อนเรียนของนักเรียนด้วยแบบทดสอบ 4 ลำดับขั้น (4-tier diagnostic tests) 10 ข้อ พบว่า นักเรียนมีความมั่นใจ (CF) การตอบคำถามมากที่สุด (Mean = 4.44) ตามด้วยมั่นใจในเหตุผล (Mean = 2.89) และมั่นใจในคำตอบและเหตุผล(Mean = 2.89) ตามลำดับ มั่นใจในคำตอบตัวเลือกถูก (CFC) (Mean = 2.44) มั่นใจในคำตอบเหตุผลถูก (Mean = 0.67) มั่นใจในคำตอบตัวเลือกและเหตุผลถูก (Mean = 0.67) มั่นใจในคำตอบตัวเลือกผิด (CFW) (Mean = 2.00) มั่นใจในคำตอบเหตุผลผิด (Mean = 2.22) มั่นใจในคำตอบตัวเลือกและเหตุผลผิด(Mean = 1.78) จากคำถามและเหตุผลพบว่านักเรียนสามารถตอบคำถามได้มากกว่าตอบเหตุผล ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนยังไม่ได้เรียนในเนื้อหา ทำให้นักเรียนอาจไม่มั่นใจในการตอบคำถามและไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้

ร้อยละความมั่นใจในการตอบคำถามของนักเรียนหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีความมั่นใจในตัวเลือกมากที่สุด (Mean = 32.89) ตามด้วยมั่นใจในเหตุผล (Mean = 30.89) และมั่นใจในคำตอบและเหตุผล (Mean = 29.78) ตามลำดับ มั่นใจในคำตอบตัวเลือกถูก (Mean = 30.67) มั่นใจในคำตอบเหตุผลถูก (Mean = 28.89) มั่นใจในคำตอบตัวเลือกและเหตุผลถูก (Mean = 28.22) มั่นใจในคำตอบตัวเลือกผิด (Mean = 2.22) มั่นใจในคำตอบเหตุผลผิด (Mean = 2.00) มั่นใจในคำตอบตัวเลือกและเหตุผลผิด (Mean = 1.33) พบว่าความมั่นใจในคำตอบตัวเลือกถูกจะมีค่ามากกว่าความมั่นใจในคำตอบเหตุผลถูก และความมั่นใจในคำตอบเหตุผลถูกมีค่ามากกว่าความมั่นใจในคำตอบตัวเลือกและเหตุผลถูก ซึ่งทำให้ทราบว่านักเรียนที่สามารถตอบตัวเลือกได้ถูกและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง มีความรู้ความเข้าใจ มีความมั่นใจ และยังสามารถอธิบายคำตอบเหตุผลได้ถูกต้อง ถึงแม้ว่าความมั่นใจในตัวเลือกจะมากที่สุด ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะนักเรียนส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยกับแบบทดสอบแบบเลือกตอบซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สุ่มเดาในตัวเลือก ไม่มีทักษะในการเขียนอธิบายหรือบรรยายการหาคำตอบนั้นได้ ทำให้นักเรียนขาดความมั่นใจถึงแม้จะแสดงเหตุผลได้ถูกต้องก็ตาม และลักษณะข้อสอบแบบนี้ ทำให้ครูเข้าใจแนวคิดของนักเรียน ทราบว่านักเรียนมีความรู้มากน้อยเพียงใดเพื่อจะสามารถนำไปแก้ไขปัญหาต่อไป

ความมั่นใจของอำนาจจำแนก (CDQ) พบว่าหลังเรียนมีอำนาจจำแนกทั้งตัวเลือก (Mean = 3.00) เหตุผล (Mean = 3.42) ตัวเลือกและเหตุผล (Mean = 3.28) ได้ดีกว่าก่อนเรียนทั้งตัวเลือก (Mean = 0.13) เหตุผล (Mean = -1.45) ตัวเลือกและเหตุผล (Mean = -1.04)

ความมั่นใจความลำเอียง (CB) พบว่าหลังเรียนมีความเป็นอคติลำเอียงตัวเลือก (Mean= -43.40) เหตุผล (Mean = -43.80) ตัวเลือกและเหตุผล (Mean = -44.02) ได้น้อยกว่าซึ่งถือว่าดีกว่าก่อนเรียนทั้งตัวเลือก (Mean = -1.09) เหตุผล (Mean = -1.40) ตัวเลือกและเหตุผล (Mean= -1.40)

จะเห็นได้ว่าระดับความมั่นใจของนักเรียนสามารถบอกถึงความรู้ในเนื้อหาของนักเรียนได้ เช่นนักเรียนตอบคำถามถูกแต่ไม่มั่นใจ หรือนักเรียนตอบคำถามผิดแต่ไม่มั่นใจ แสดงว่านักเรียนไม่มีความรู้ในเนื้อหา ดังนั้นระดับความมั่นใจสามารถบอกได้ว่านักเรียนเดาคำตอบหรือไม่



ผลการเรียนรู้ : คำนวณหาผลได้ร้อยละของสารจากการทดลองที่กำหนดให้ได้

8. การทดลองนำเหล็ก 10 กรัม ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1.0 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ วัดปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นที่สภาวะ STP ได้ 1,792 ลูกบาศก์เซนติเมตร จงคำนวณหาร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ปฏิกิริยาเป็นดังสมการ

$Fe(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow FeSO_4(aq) + H_2(g)$ (Fe=56, S=32, O=16, H=1,)

ก. 78

ข. 80

ค. 80.5

ง. 90

ระดับความมั่นใจสำหรับตัวเลือก

1	2	3	4	5	6
เดาคำตอบที่เลือก	ไม่ค่อยมั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	ไม่มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมากที่สุด

แสดงวิธีการคำนวณ

$Fe + H_2SO_4 \longrightarrow FeSO_4 + H_2$

mol 1 1 1 1

มีมวล $\frac{1}{56}$ $\frac{1}{98}$ — —

$= 0.017$ $= 0.01$ mol

ระดับความมั่นใจสำหรับวิธีการคำนวณ

1	2	3	4	5	6
เดาวิธีการคำนวณ	ไม่ค่อยมั่นใจวิธีการคำนวณมาก	ไม่มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณมาก	มั่นใจวิธีการคำนวณมากที่สุด

ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ที่นักเรียนตอบตัวเลือกถูก แต่เดาคำตอบ ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ เดาวิธีการคำนวณ (นักเรียนไม่มีความรู้ความเข้าใจ)

ผลการเรียนรู้ : คำนวณหาผลได้ร้อยละของสารจากการทดลองที่กำหนดให้ได้

8. การทดลองนำเหล็ก 10 กรัม ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1.0 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ วัดปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นที่สภาวะ STP ได้ 1.792 ลูกบาศก์เซนติเมตร จงคำนวณหาร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ปฏิกิริยาเป็นดังสมการ

$Fe(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow FeSO_4(aq) + H_2(g)$ (Fe=56, S=32, O=16, H=1)

ก. 78

(ข) 80

ค. 80.5

ง. 90

ระดับความมั่นใจสำหรับตัวเลือก

1	2	3	4	5	(6)
เดาคำตอบที่เลือก	ไม่ค่อยมั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	ไม่มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมากที่สุด

แสดงวิธีการคำนวณ

Sol

$Fe + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2$

mol 1 1 1 1

จำนวน (mol) $\frac{10}{56} = 0.179$ $\frac{1 \times 100}{1000} = 0.1$ — —

- หาสาร จำกัดปริมาณ

ถ้าใช้ H_2SO_4 1 mol ใช้ Fe 1 mol

ถ้าใช้ H_2SO_4 0.1 mol ใช้ Fe 0.1 mol

∴ สาร จำกัดปริมาณ คือ H_2SO_4

- หา H_2 ตามทฤษฎี

ถ้ามี H_2SO_4 1 mol เกิด H_2 1 mol

ถ้ามี H_2SO_4 0.1 mol เกิด H_2 0.1 mol = 0.1×22.4

= 2.24 dm^3

= 2.24×1000

= 2240 cm^3

- หา % ผลได้ = $\frac{1792}{2240} \times 100$

= 80 %.

ระดับความมั่นใจสำหรับวิธีการคำนวณ

1	2	3	4	5	(6)
เดาวิธีการคำนวณ	ไม่ค่อยมั่นใจวิธีการคำนวณมาก	ไม่มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณมาก	มั่นใจวิธีการคำนวณมากที่สุด

ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ที่นักเรียนตอบตัวเลือกถูก มั่นใจในคำตอบ สามารถอธิบายเหตุผลได้ มั่นใจวิธีการคำนวณ (นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ)

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการปฏิบัติจริง โดยครูผู้สอนได้ประเมินโดยวิธีสังเกตในขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม

ตารางที่ 4.5 คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยประเมินการสังเกต

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมตรฐาน (SD)
1. การวางแผนขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง	3.78	0.44
2. การสังเกตและบันทึกผลการทดลอง	3.89	0.33
3. การแปลผลและสรุปผลการทดลอง	3.33	0.71
4. การนำเสนอผลการทดลอง	3.67	0.50
เฉลี่ย	3.67	0.50

หมายเหตุ: 4 = ดีมาก 3 = ดี 2 = พอใช้ และ 1 = ควรปรับปรุง

ตารางที่ 4.5 ค่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยการประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำการทดลอง จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา พบว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก (3.67) เมื่อพิจารณารายด้านทั้ง 4 ด้าน พบว่าคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดดีมากคือข้อ 2 นักเรียนมีทักษะการสังเกตและบันทึกผลการทดลองที่ดี (3.89) มีการวางแผนขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง (3.78) และการนำเสนอผลการทดลองที่ดีเช่นกัน (3.67) ส่วนข้อที่ 3 ทักษะการแปลผลและสรุปผลการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด (3.29) ซึ่งนักเรียนควรได้รับการฝึกฝนทักษะนี้เพิ่มมากขึ้น

ทักษะการสังเกตและบันทึกผลการทดลองมีระดับคะแนนสูงสุด อาจเป็นเพราะนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง นักเรียนมีความสนใจ มีความกระตือรือร้นในการทำการทดลอง ทำให้เกิดความตั้งใจในการสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น และได้ทำการทดลองซ้ำหลายครั้งทำให้เกิดความถูกต้องในการบันทึกผลการทดลอง ส่วนทักษะการแปลผลและสรุปผลการทดลองมีระดับคะแนนต่ำสุด เนื่องจากเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยที่นักเรียนจะต้องอภิปรายความหมายของข้อมูลให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ได้ถูกต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองถูกต้อง

ตามผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง ซึ่งพบว่านักเรียนจะแปลความหมายข้อมูล หรือมีการสรุปข้อมูลไม่ถูกต้องบางส่วน

รายงานกิจกรรมการทดลอง
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารในสมการเคมี สารกำหนดปริมาณ ร้อยละของผลิตภัณฑ์

กลุ่มที่..... ชั้น ม.4/1 ..... วันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ.2559 .....

ชื่อสมาชิก

1. ชื่อ นาย ณัฐวุฒิ ขวาเคียงกลาง ..... เลขที่ 7
2. ชื่อ นางสาว วิยะดา เนาว์ขาวกลาง ..... เลขที่ 23,24
3. ชื่อ นางสาว กรรณการณ์ ถิ่นนะสูง ..... เลขที่ 25,26
4. ชื่อ นางสาว กฤษณี นพคัมภีร์ ..... เลขที่ 44
5. ชื่อ นางสาว น้ำทิพย์ ขวัญกลาง ..... เลขที่ 47

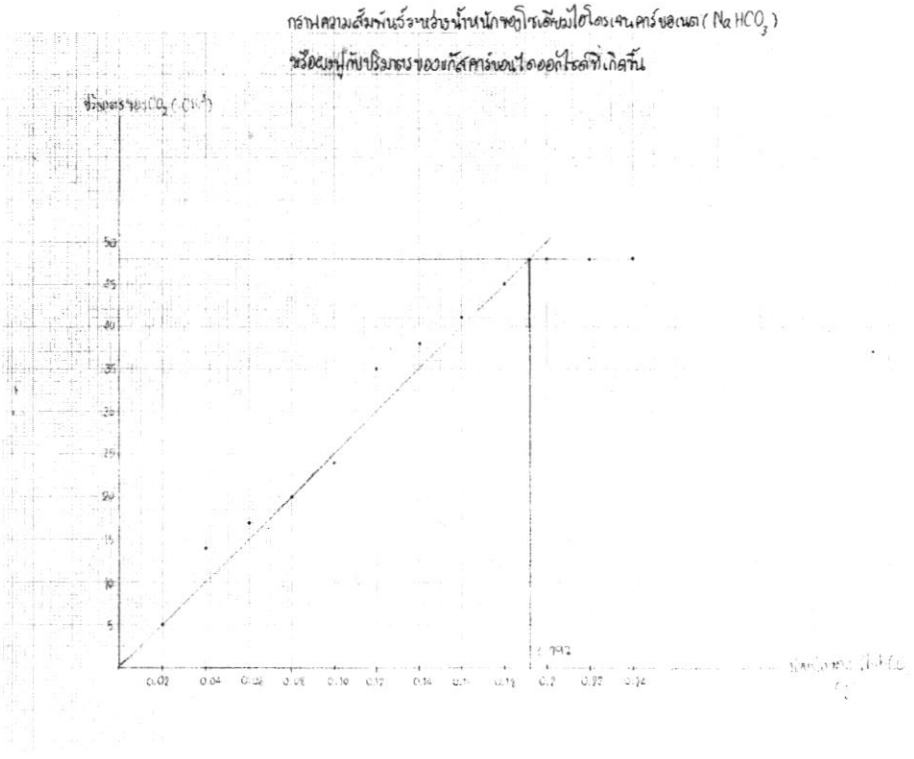
ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) กับกรดน้ำส้มสายชู

- อุณหภูมิขณะทำการทดลอง = 31.4 K
- ความดันของแก๊สขณะทำการทดลอง = 741.6 atm

การทดลองที่	ปริมาตรของ CH_3COOH (ml) (น้ำส้มสายชู 5 %)	น้ำหนักของ $NaHCO_3$ (g)	ปริมาตรของ CO_2 (cm^3)
1	2 ml	0.0205	5 ml.
2	2 ml	0.0403	13 ml.
3	2 ml.	0.0600	17. ml.
4	2 ml.	0.0801	20 ml.
5	2 ml.	0.1007	24 ml.
6	2 ml.	0.1204	35 ml.
๗	2 ml	0.1408	38 ml.
8	2 ml.	0.1600	41 ml.
๙	2 ml.	0.1804	45 ml.
๑๐	2 ml.	0.2005	48 ml.
๑๑	2 ml.	0.2204	48 ml.
๑๒	2 ml.	0.2404	48 ml.

ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างการบันทึกผลการทดลองที่นักเรียนบันทึกได้ถูกต้อง ครบถ้วนตามการทดลอง



ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างการนำผลที่ได้จากการทดลองมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างน้ำหนักของสารประกอบคาร์บอเนต และปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

สรุปการทดลอง การทำปฏิกิริยาระหว่าง $NaHCO_3$ กับ น้ำส้มสายชู และ $CaCO_3$ กับน้ำส้มสายชู นำมาสู่สมการที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักของ $NaHCO_3$ หรือ $CaCO_3$ กับ ปริมาตรของ CO_2 ที่เกิดขึ้น จนค่าช่องว่างเศษที่เกิดจากน้ำหนักของ $NaHCO_3$ หรือ $CaCO_3$ โดยปริมาตรของน้ำส้มสายชูคงที่ ปริมาตรของ CO_2 จะคงที่ขึ้น แสดงว่า ช่องว่างสารทำปฏิกิริยาหมดไปแล้ว คือ $NaHCO_3$ หรือ $CaCO_3$ ส่วนที่ 2 เมื่อเพิ่มน้ำหนักของ $NaHCO_3$ หรือ $CaCO_3$ ขึ้นเรื่อยๆ โดยที่ ปริมาตรของน้ำส้มสายชูคงที่ จนค่าปริมาตรของ CO_2 คงที่ แสดงว่า ช่องว่างสารทำปฏิกิริยาหมดไปแล้ว คือ น้ำส้มสายชู และเมื่อพิจารณาจากกราฟ ที่น้ำหนักน้ำหนักของ $NaHCO_3$ และ $CaCO_3$ ที่สูตรสมมูลได้ ส่วนปริมาตรเป็น % ของผลได้จากได้จาก $\frac{\text{ผลที่ได้จริง}}{\text{ผลตามทฤษฎี}} \times 100$ โดยผลที่ได้จริงหาได้จาก สูตร $PV = nRT$ และผลตามทฤษฎีหาได้จากการคำนวณ ตามสัมพันธ์จากสมการ ซึ่งจากการทดลองตอนที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่าง $NaHCO_3$ กับน้ำส้มสายชู % $CO_2 = 82.11\%$ ตอนที่ 2 ปฏิกิริยาระหว่าง $CaCO_3$ กับน้ำส้มสายชู % $CO_2 = 69.60\%$

ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างการแปลผลที่ได้จากกราฟและการตอบคำถามท้ายการทดลองมาสรุปและอภิปรายผลการทดลอง

4.3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on)

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา ดังตารางที่ 4.5-4.7

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนด้านการสอน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ (N = 45)

ข้อ	ความพึงพอใจ	ร้อยละความพึงพอใจของนักเรียน					ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
		5	4	3	2	1		
ส่วนที่ 1 ด้านการสอน								
1.	นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน	22.22	68.89	8.89	0.00	0.00	4.13	0.54
2.	ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นในระหว่าง เรียน	26.67	55.56	17.78	0.00	0.00	4.09	0.66
3.	ครูผู้สอนอธิบายเนื้อหาได้ชัดเจน	31.11	51.11	17.78	0.00	0.00	4.13	0.69
4.	ครูตอบคำถามแก่นักเรียนได้เมื่อเกิดข้อสงสัย	46.67	44.44	8.89	0.00	0.00	4.38	0.64
5.	ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตัวเอง	57.78	28.89	13.33	0.00	0.00	4.44	0.72
เฉลี่ย		36.89	49.78	13.33	0.00	0.00	4.23	0.65

หมายเหตุ: 5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = พอใช้ และ 1 = น้อย

จากตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on) ต่อด้านการสอน โดยเฉลี่ยนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความพึงพอใจมาก (Mean = 4.23, SD = 0.65) และเมื่อพิจารณาผลการประเมินรายข้อพบว่ารายการประเมินที่มีระดับความพึงพอใจสูงที่สุดคือ ข้อที่ 5 ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตัวเอง (Mean = 4.44, SD = 0.72) ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสนใจ มีความกระตือรือร้นที่จะ

ปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง และเมื่อเกิดปัญหาหรือข้อสงสัย ครูจะคอยชี้แนะ เพื่อให้นักเรียนได้แก้ปัญหาด้วยตัวเอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ ส่วนรายการประเมินที่มีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุดคือ ข้อที่ 2 ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นในระหว่างเรียน (Mean = 4.09, SD = 0.66) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจัดกิจกรรมจำกัดเรื่องเวลา นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้เวลาในการทำกิจกรรมการทดลอง ทำให้มีเวลาในการนำเสนอผลงานและแสดงความคิดเห็นค่อนข้างน้อย

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนด้านกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ (N = 45)

ข้อ	ความพึงพอใจ	ร้อยละความพึงพอใจของนักเรียน					ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
		5	4	3	2	1		
ส่วนที่ 2 ด้านกิจกรรมการทดลอง								
1.	การทดลองปริมาณสัมพันธ์โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด มีความน่าสนใจ	37.78	53.33	8.89	0.00	0.00	4.29	0.62
2.	การทดลองปริมาณสัมพันธ์โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรดสามารถทำได้ง่าย	22.22	71.11	6.67	0.00	0.00	4.16	0.51
3.	อุปกรณ์การเรียนมีจำนวนเพียงพอกับนักเรียน	31.11	57.78	11.11	0.00	0.00	4.20	0.62
4.	ในการทดลองโดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยช่วยกระตุ้นการคิดอย่างมีเหตุผล เพื่อแก้ปัญหาในห้องปฏิบัติการ	28.89	37.78	33.33	0.00	0.00	3.96	0.79
5.	ในการทดลองทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจที่จะเรียนรู้วิทยาศาสตร์	40.00	40.00	20.00	0.00	0.00	4.20	0.73
เฉลี่ย		32.00	52.00	16.00	0.00	0.00	4.16	0.65

จากตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนด้วยการจัดกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on) โดยใช้ชุดการทดลองโดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา โดยเฉลี่ยนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความพึงพอใจมาก (Mean = 4.16, SD = 0.65) และเมื่อพิจารณาผลการประเมินรายข้อพบว่ารายการประเมินที่มีระดับความพึงพอใจสูงที่สุดคือ ข้อที่ 6 การทดลองปริมาณสัมพันธ์โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด มีความน่าสนใจ (Mean = 4.29, SD = 0.62) แสดงว่ากิจกรรมการทดลองที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติน่าตื่นเต้น นักเรียนมีความสนใจอยากรู้อยากทดลอง และได้ฝึกการใช้อุปกรณ์ ส่วนรายการประเมินที่มีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุดคือ ข้อที่ 9 ในการทดลองโดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยช่วยกระตุ้นการคิดอย่างมีเหตุผล เพื่อแก้ปัญหาในห้องปฏิบัติการ (Mean = 3.96, SD = 0.79) แสดงให้เห็นว่า การที่นักเรียนไม่สามารถอธิบายเหตุผลประกอบตัวเลือกได้ เพราะนักเรียนยังขาดทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อารีรัตน์ มัฐผา, ชาญ อินทร์แต้ม และเสนอ ชัยรัมย์ (2555) ที่รายงานว่า ทักษะการคิดขั้นสูง ได้แก่ ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการคิดสังเคราะห์ ทักษะการคิดวิจารณญาณ และทักษะการคิดสร้างสรรค์ เป็นทักษะที่นักเรียนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้สูงขึ้น

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนด้านประโยชน์ต่อนักเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ (N = 45)

ข้อ	ความพึงพอใจ	ร้อยละความพึงพอใจของนักเรียน					ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
		5	4	3	2	1		
ส่วนที่ 3 ด้านประโยชน์ต่อนักเรียน								
1.	การทดลองทำให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณสารสัมพันธ์ดียิ่งขึ้น	33.33	55.56	11.11	0.00	0.00	4.22	0.63
2.	ในการทดลอง นักเรียนคิดว่านักเรียนมีพัฒนาการเกี่ยวกับการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on) ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น	53.33	33.33	13.33	0.00	0.00	4.40	0.71

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนด้านประโยชน์ต่อนักเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ (N = 45) (ต่อ)

ข้อ	ความพึงพอใจ	ร้อยละความพึงพอใจของนักเรียน					ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
3.	ในระหว่างที่ทำการทดลองทำให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างเพื่อนในกลุ่ม	53.33	31.11	15.56	0.00	0.00	4.38	0.74
4.	นักเรียนสามารถนำความรู้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้ในการเรียนเรื่องอื่น ๆ และนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้	17.78	55.56	26.67	0.00	0.00	3.91	0.66
5.	นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตัวเองอย่างมีความสุข	57.78	28.89	13.33	0.00	0.00	4.44	0.72
เฉลี่ย		**43.11**	**40.89**	**16.00**	**0.00**	**0.00**	**4.27**	**0.70**

จากตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนด้วยการจัดกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on) โดยใช้ชุดการทดลองโดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดด้วยชุดการทดลองโดยใช้กระบอกฉีดยา โดยเฉลี่ยนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความพึงพอใจมาก (Mean = 4.27, SD = 0.70) และเมื่อพิจารณาผลการประเมินรายข้อพบว่ารายการประเมินที่มีระดับความพึงพอใจสูงที่สุดคือ ข้อที่ 15 นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตัวเองอย่างมีความสุข (Mean = 4.44, SD = 0.72) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตัวเอง ได้สังเกตและเห็นผลที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ทำให้เกิดความสนุกสนานไม่น่าเบื่อ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความพึงพอใจในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้ลงมือปฏิบัติจริง

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ต้องการส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ในวิชาเคมี โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด จำนวนนักเรียน 45 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนโนนสูงศรีธานี อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา รวบรวมข้อมูลด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ แบบ 4 ลำดับขั้น (4-tier diagnostic tests) (ปรนัย 4 ตัวเลือก ระดับความเชื่อมั่นสำหรับตัวเลือก 6 ระดับ เหตุผลที่ใช้ในการตอบคำถาม และระดับความเชื่อมั่นสำหรับตัวเลือก 6 ระดับ) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความพึงพอใจ ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้

กิจกรรมการลงมือปฏิบัติการทดลองโดยการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดมีประโยชน์อย่างมากในการอธิบาย ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยอาศัยปฏิกิริยาจากสารเคมีในชีวิตประจำวัน สามารถทำการทดลองได้ง่ายโดยใช้อุปกรณ์พื้นฐานที่มีในห้องปฏิบัติการทั่วไป ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรด จะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาสามารถอ่านปริมาตรได้โดยตรงจากกระบอกฉีดยาซึ่งสามารถนำมาใช้อธิบายความสัมพันธ์เชิงปริมาณของสาร และคำนวณหาปริมาณสารที่เกี่ยวข้องในสมการเคมี สารกำหนดปริมาณ และผลได้ร้อยละได้เป็นอย่างดี สามารถนำไปใช้ได้จริงในการสอน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ นอกจากนี้ในการทดลองยังใช้สารเคมีที่มีในชีวิตประจำวันไม่เป็นอันตราย และใช้ในปริมาณน้อย

การศึกษาความเข้าใจ และความมั่นใจในการตอบคำถาม พบว่า หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริง เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเพิ่มขึ้น หลังเรียนนักเรียนตอบทั้งตัวเลือกถูกและเหตุผลถูก (ร้อยละ 46.67) มากกว่าก่อนเรียน (ร้อยละ 1.78) นักเรียนมีความมั่นใจในการตอบคำถามมากขึ้น ระดับความมั่นใจในการตอบตัวเลือกและเหตุผลถูกหลังเรียน (Mean = 28.22) สูงกว่าก่อนเรียน (Mean = 0.67) นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี ทั้งนี้อาจเนื่องจากเมื่อก่อนนักเรียนไม่ได้ค่อยได้ปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง เมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตัวเอง จึงทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ มีความสนใจ ตื่นเต้นอยากรู้อยากทดลอง ส่งผลให้มีคะแนนเฉลี่ยในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดี ความพึงพอใจของนักเรียน

โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตัวเองมีผลให้นักเรียนเกิดความสนใจ มีความสนุกกับกิจกรรม และเข้าใจในเรื่องที่เรียนมากยิ่งขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

การทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดจะได้แก๊สเป็นผลิตภัณฑ์ เนื่องจากแก๊สเป็นสารที่เกิดการรั่วไหลได้ง่าย อุปกรณ์ในการเก็บแก๊สบริเวณที่มีรอยต่อต้องปิดด้วยพาราฟิล์มให้สนิทเพื่อป้องกันการรั่วไหลของแก๊สที่เกิดขึ้น สำหรับอุณหภูมิและความดันของบรรยากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ก็อาจมีผลต่อปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้นได้ ทังนี้ ครู/นักเรียนควรทำการทดลองในช่วงที่อุณหภูมิและความดันคงที่เพราะปัจจัยทั้งสองมีผลต่อการแพร่ขยายของแก๊ส

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติจริง สิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ครูผู้สอนต้องคำนึงถึง คือ เวลาในการจัดกิจกรรม ควรวางแผนการจัดกิจกรรมเป็นอย่างดี ทำความเข้าใจกับเนื้อหาที่สอนจัดกิจกรรมที่สอดคล้องกับเนื้อหา จัดเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ให้พร้อม และควรตรวจสภาพของเครื่องมือและอุปกรณ์ให้พร้อมเพื่อให้การทำกิจกรรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ครูควรทดลองก่อนเพื่อจะได้ทราบปัญหาและแก้ไขได้ทันท่วงทีก่อนนำไปใช้จริง ขณะที่นักเรียนทำการทดลองครูต้องคอยชี้แนะ ให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนเกิดปัญหาหรือข้อสงสัย อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนการสอนโดยการลงมือปฏิบัติจริง จากสิ่งที่นักเรียนสนใจ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้หาคำตอบจากสิ่งที่นักเรียนสนใจ ทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ตั้งใจทำกิจกรรมส่งผลให้หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจที่ถูกต้อง ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปครูผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมการลงมือทำการทดลองโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนมีทางเลือกได้ศึกษาในสิ่งที่นักเรียนสนใจ

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542**. กรุงเทพมหานคร: คุรุสภา ลาดพร้าว, 2542.

_____. **หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551**. กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: คุรุสภาลาดพร้าว, 2551.

กมลนุช ไชยมัชชิม และเสนอ ชัยรัมย์. "การส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องสารชีวโมเลกุล โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้", **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 5(2): 165-175; กรกฎาคม-ธันวาคม, 2557.

จิราพรรณ บุญญานุสนธิ์. **การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนมติและทักษะการแก้ปัญหาเรื่องปริมาณสัมพันธ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.

ชญานาท ช้อนพิมาย. **การพัฒนากิจกรรมการทดลองเรื่อง การทดสอบการเป็นกรด–เบส ของสารเคมีในชีวิตประจำวันโดยใช้อินดิเคเตอร์ในท้องถิ่น**. การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2550.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. "การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้", **วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร**. 11(1): 36-38; มกราคม-เมษายน, 2551.

ธรรมนูญ ผ่านสำแดง. **การใช้การสอนแบบปฏิบัติจริงเพื่อพัฒนาความเข้าใจ เรื่องรูปร่างโมเลกุล ของ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.

ธันยาภัทร์ เธียรทองอินทร์, กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา และอริสรา อิสสะรีย์. "การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบทีไฟว์กระดาษ", **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาคเหนือ**. 3(พิเศษ): 256-263; มกราคม-เมษายน, 2554.

นิติมา รุจิเรขาสุวรรณ. **ประสิทธิผลของกาใช้สื่อมัลติมีเดียแบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่องสารชีวโมเลกุล ที่พัฒนาขึ้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2555.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

นุชนาท สิงหา. "ผลการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ร่วมกับเทคนิคการจัดแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5", ใน **การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9**. น.1539-1546. นครปฐม; มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, 2555.

เบญจพร อินทรสด. "การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ด้วยการสืบเสาะแบบแนะนำกับการสืบเสาะสำเร็จรูป", **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาคเหนือ.** 3(พิเศษ): 233-244; มกราคม-เมษายน, 2554.

ปฐมาวดี พละศักดิ์. **ความก้าวหน้าทางการเรียนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2557.

ปาริชาติ คงศรี. "การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารและการเปลี่ยนแปลงเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2", **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาคเหนือ**. 3(พิเศษ): 163-172; มกราคม-เมษายน, 2554.

ปราญชลี นนทะวี. "การศึกษามโนมติวิทยาศาสตร์เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยการเรียนรู้แบบสืบเสาะสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4", ใน **รายงานสืบเนื่องจากการประชุมระดับชาติ มอบ. วิจัย ครั้งที่ 9.** น.371-379. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.

พนิดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาษร. "การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบเพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5", ใน **รายงานสืบเนื่อง จากการประชุมวิชาการระดับชาติ "วิทยาศาสตร์วิจัย" ครั้งที่ 6**. น. 313-317. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา, 2557.

พรชัย คาสิงห์นอก. **การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้เรื่องการคำนวณเกี่ยวกับปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการสอนโดยใช้เทคนิค TGT และเทคนิค STAD.** วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2550.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ภัทรวรรณ ลาภเวที. **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะ ภาคปฏิบัติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการฝึกทักษะภาคปฏิบัติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2543.

วราภรณ์ ศรีวิโรจน์. "การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์แบบเน้นการบูรณาการ การฝึกอบรมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์", **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**. 16(3): 1-13; กรกฎาคม–กันยายน, 2557.

วิชัย ลาธิ และศักดิ์ศรี สุภาษร. "การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์", **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี**. 24(1): 29-52; มกราคม, 2556.

วรนุช เชื้ออ่อน และเสนอ ชัยรัมย์. "การส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องโปรตีนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะแบบแนะนำ", **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 5(2): 155-164; กรกฎาคม-ธันวาคม, 2557.

ศักดิ์ศรี สุภาษร. "กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในการทดลองเคมีระดับมัธยมศึกษาตอน ปลาย: การทบทวนงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี", **วารสารศึกษาศาสตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี**. 22(3): 331-343; กันยายน-ธันวาคม, 2554.

_____. "การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นปฏิบัติจริง เพื่อพัฒนาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการเปลี่ยนแปลงสารและการแยกสาร", **วารสารวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ภาคเหนือ**. 3(พิเศษ): 155-162; มกราคม-เมษายน, 2554.

ศุภาวีร์ ศรีโท. **กิจกรรมการทดลองเรื่องความร้อนทำให้สารเปลี่ยนแปลงโดยการใช้วัสดุอย่างง่าย**. การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2551.

สุชัย นพรัตน์แจ่มจำรัส. **รูปแบบการสอนใหม่สำหรับหัวข้อแสงสีและการรับรู้สีสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายด้วนเครื่องผสมแสงสี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต: มหาวิทยาลัยมหิดล, 2551.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุทธิดา รักกะเปา, ขวัญ อารยะธนิตกุลประนานนท์ และภาสกร ปนานนท์. "การวัดความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์โลกของนักเรียนโดยใช้ GCI: ผลจากกิจกรรมเน้นปฏิบัติจริง", ใน **บทคัดย่อในประชุมวิชาการ วทท. ครั้งที่ 33 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อโลกยั่งยืน**. น.115-120. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, นครศรีธรรมราช, 2550.

อชิรวิชญ์ เทนโสภา. "ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเกม เรื่อง ธาตุและสารประกอบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนที่ไม่เน้นวิทยาศาสตร์", ใน **รายงานสืบเนื่องจากการประชุมระดับชาติ "ม.อบ. วิจัย ครั้งที่ 9" มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.** อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.

อภินันท์ จันทรา และสุระ วุฒิพรม. "ปฏิบัติการที่เน้นการปฏิบัติจริงเพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับจุดศูนย์กลางมวลและโมเมนต์ความเฉื่อย", **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคเหนือ.** 3(พิเศษ): 129-134; มกราคม-เมษายน, 2554.

อัญชลี ชาติมนตรี. **การเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริงในเซลล์กัลวานิกด้วยชุดการทดลองที่ประดิษฐ์มาจากกระดาษเพื่อส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนในวิชาเคมี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.

อารีรัตน์ มัฐผา, ชาญ อินทร์แต้ม และเสนอ ชัยรัมย์. "การพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงสำหรับนักเรียน ห้องวิทยาศาสตร์ ด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี", ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ "วิทยาศาสตร์วิจัย" ครั้งที่ 4**. น.164-169. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2555.

อุบลวดี อดิเรกตระการ. **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาเคมีเรื่องปริมาณสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4โดยการจัดการเรียนรู้แบบกระตือรือร้นกับแบบปกติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, 2556.

อุไรวรรณ สระกระวี และคณะ. "ผลการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปฏิบัติการ เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสตรีพังงา จังหวัดพังงา", **การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช**. 2(พิเศษ): O-SS 031; กันยายน; 2554.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Caleon, I and Subramaniam, R. "Do students know what they know and what they do not know? Using a four-tier diagnostic test to assess the nature of students' alternative conceptions", **Research in Science Education**. 40(3): 313-337; May, 2010.

Canan; and Tekin. "Identifying students misconceptions about nuclear chemistry a study of Turkish high school students", **Journal of chemical education**. 83(11): 1712; November, 2006.

Gurel, D.K. et al. (2014). "GIREP-MPTL 2014 International Conference", **Program and Abstracts Teaching/Learning Physics.** http://www.Unipa.it/girep 2014/Program%20and%20Book%200f%20Abstracts_UPD.pdf. 15 ตุลาคม, 2558.

Remziye; et al. "The effect of inquiry-based science teaching on elementary school students' science process skills and science attitudes", **Bulgarian Journal of Science and Education Policy (BJSEP).** 2011(5): 48-68; June, 2011.

Sanger. Michael J. "The effects of inquiry-based instruction on elementary teaching majors chemistry content knowledge", **Journal of Chemical Education**. 2007(6): 1035-1039; June, 2007.

Smith, Patty, Templeton. "Instructional Method Effects on Student Attitude And Achievement", **Dissertation Abstracts International**. 54(7): 2528A–2529A; July, 1994.

Sreenivasulu B. and Subramaniam R. "Exploring Undergraduates' Understanding of Transition Metals Chemistry with the use of Cognitive and Confidence Measures", **Research in Science Education**. 44(6): 801-828; December, 2014.

Wheeler, A.E., and Kass, H. "Student misconceptions in chemical equilibrium", **Science Education**. 62(2): 223-232; April, 1978.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Xiufeng Liu. "Effects of Combined Hands-on Laboratory and Computer Modeling on Student Learning of Gas Laws: A Quasi-Experimental Study", **Journal of Science Education and Technology**. 15(1): 89-100; March, 2006.

Yang. Shui-Ping and Li. Chung-Chia. "Using student-developed. Inquiry-based experiments to investigate the contributions of Ca and Mg to water hardness", **Journal of Chemical Education**. 2009(4): 506-513; April, 2009.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ตรวจสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ และแบบสอบถามวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติการทดลอง เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสนอ ชัยรัมย์	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
2. นายธนวัฒน์ พิมพ์โคตร	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสุรนารีวิทยา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
3. จิราพรรณ บุญญานุสนธิ์	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบุญเหลือวิทยานุสรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

ตารางที่ ก.1 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์กับจุดประสงค์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	0	0.67
4	1	0	1	0.67
5	1	0	1	0.67
6	1	1	1	1
7	1	1	0	0.67
8	1	1	1	1
9	1	1	1	1
10	1	1	1	1

ตารางที่ ก.2 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์

ข้อที่	ค่าความยาก(P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.55	0.55
2	0.75	0.23
3	0.73	0.27
4	0.52	0.68
5	0.55	0.45
6	0.50	0.36
7	0.80	0.32
8	0.61	0.32
9	0.61	0.32
10	0.73	0.45

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13

ชื่อรายวิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว 30222 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ปริมาณสารสัมพันธ์ เรื่อง สารกำหนดปริมาณ ระยะเวลา 3 ชั่วโมง
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนโนนสูงศรีธานี ผู้สอนนางสาวกุมารินทร์ ชาลีแสน

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสสาร

มาตรฐาน ว. 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น

ข้อ 1 ทดลอง อธิบาย และเขียนสมการของปฏิกิริยาเคมีทั่วไปที่พบในชีวิตประจำวัน รวมทั้งอธิบายผลของสารเคมีที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

1. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เมื่อใช้สารทำปฏิกิริยาในปริมาณที่ไม่พอดีกัน จะมีสารหนึ่งเข้าทำปฏิกิริยาหมดไป สารนี้จึงเป็นตัวกำหนดปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นและเรียกว่าสารกำหนดปริมาณ

2. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

2.1 ระบุสารกำหนดปริมาณและใช้คำนวณหาปริมาณของสารอื่นในปฏิกิริยาเคมีได้

3. สาระการเรียนรู้

3.1 สารกำหนดปริมาณและการคำนวณหาสารกำหนดปริมาณ

3.2 การคำนวณปริมาณของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

4.1 ด้านความรู้ (Knowledge : K)

4.1.1 บอกความหมายของสารกำหนดปริมาณได้

4.1.2 บอกได้ว่าสารตั้งต้นตัวใดเป็นสารกำหนดปริมาณ

4.2 ด้านทักษะกระบวนการ (Process : P)

4.2.1 สามารถแสดงการคำนวณและบอกได้ว่าสารตั้งต้นตัวใดเป็นสารกำหนดปริมาณ

4.2.2 เมื่อกำหนดปริมาณของสารตั้งต้นที่เข้าทำปฏิกิริยากัน สามารถคำนวณหาปริมาณของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นได้

4.3 ด้านคุณธรรมและจริยธรรมอันพึงประสงค์ (Attitude : A)

4.3.1 เข้าเรียนตรงเวลา

4.3.2 แต่งกายเรียบร้อย มีระเบียบวินัยและเคารพกฎกติกา

4.3.3 มีความกระตือรือร้นและสนใจในกิจกรรมการเรียนการสอน

5. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

รูปแบบการสอนที่ใช้ (การสอนแบบสืบเสาะ 5 ขั้น)

5.1 ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

5.1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องสมการเคมี

5.1.2 ครูตั้งคำถามให้นักเรียนคิดดูว่า ในกรณีที่ปฏิกิริยามีสารตั้งต้นตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป และมีปริมาณของสารตั้งต้นไม่เท่ากัน

1) นักเรียนคิดว่าจะคำนวณหาสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากสารตั้งต้นตัวใด

"ตัวที่ทำปฏิกิริยาหมดก่อนสารอื่น"

2) สารที่ทำปฏิกิริยาหมดก่อนสารอื่นสัมพันธ์กับคำว่า "สารกำหนดปริมาณ" อย่างไร

"สารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาหมดก่อนสารอื่นเรียกว่า สารกำหนดปริมาณ ซึ่งเป็นตัวกำหนดว่าจะเกิดผลิตภัณฑ์ตามปฏิกิริยาเคมีนั้นได้มากที่สุดเท่าใด หรือกล่าวอีกนัยว่าปริมาณสารผลิตภัณฑ์จะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของสารกำหนดปริมาณ"

5.2 ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

5.2.1 ครูให้นักเรียนศึกษา ค้นคว้า และทำความเข้าใจในหัวข้อสารกำหนดปริมาณ ในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมเคมี เล่ม 2 หน้า 108-115 และจากใบความรู้ที่ 4 เรื่องสารกำหนดปริมาณ

5.2.2 ครูให้นักเรียนลองทำใบงานพร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถาม

5.3 ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

5.3.1 ครูอธิบายรายละเอียดของเนื้อหาในหัวข้อ สารกำหนดปริมาณ ดังนี้

สารกำหนดปริมาณ คือ สารตั้งต้นที่เข้าทำปฏิกิริยาหมดก่อน และเป็นตัวกำหนดปริมาณของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

5.3.2 ครูอธิบายและแสดงวิธีการคำนวณหาสารกำหนดปริมาณ **พร้อมยกตัวอย่างเช่น**

ขั้นตอนการคำนวณหาสารกำหนดปริมาณ

1) **เขียนสมการเคมีที่เกิดขึ้นพร้อมดุลให้เรียบร้อย**

2) คำนวณปริมาณสารตั้งต้นที่โจทย์กำหนดให้อยู่ในหน่วยโมล

3) อ่านข้อมูลจากสมการที่ดุลแล้วเฉพาะสารตั้งต้น

4) คำนวณว่าสารตั้งต้นตัวใดเป็นสารกำหนดปริมาณ

5) เทียบบัญญัติไตรยางศ์โดยใช้สารกำหนดปริมาณเป็นหลักในการคำนวณหาจำนวน โมลของสารตามที่โจทย์ต้องการหา

ตัวอย่าง ถ้าเผาไหม้แก๊สมีเทน (CH_4) จำนวน 8 กรัม ในบรรยากาศของ O_2 จำนวน 48 กรัม

ก. สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ

ข. CO_2 เกิดขึ้นจำนวนกี่กรัม

วิธีทำ ก. $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$

จำนวนโมลของ $CH_4 = \frac{m}{MW} = \frac{8}{16} = 0.5$ โมล

จำนวนโมลของ $O_2 = \frac{m}{MW} = \frac{48}{32} = 1.5$ โมล

แก๊ส CH_4 จำนวน 1 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ O_2 2 โมล

ถ้าแก๊ส CH_4 จำนวน 0.5 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ O_2 $\frac{2 \text{ โมล} \times 0.5 \text{ โมล}}{1 \text{ โมล}}$

$= 1$ โมล

จากจำนวนโมลของสารตั้งต้นที่กำหนดมาให้พบว่า แก๊สมีเทนเป็นสารกำหนดปริมาณเพราะเข้าทำปฏิกริยาหมด ในขณะที่แก๊ส O_2 เหลืออยู่ $1.5 - 1.0 = 0.5$ โมล

ข. CO_2 เกิดขึ้นจำนวนกี่กรัม

จากสารกำหนดปริมาณคือแก๊สมีเทน

จากสมการเคมีที่ดุลแล้ว พบว่า

แก๊สมีเทนจำนวน 1 โมล **เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น จำนวน** 1 โมล

ถ้า **แก๊สมีเทนจำนวน** 0.5 โมล **จะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น จำนวน** $\frac{1 \text{ โมล} \times 0.5 \text{ โมล}}{1 \text{ โมล}}$

$= 0.5 \text{ โมล} \times 44 \text{ กรัม/โมล} = 22 \text{ กรัม}$

ดังนั้น จะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นจำนวน 22 กรัม

5.3.3 ครูสรุปเนื้อหาในหัวข้อสารกำหนดปริมาณให้กับนักเรียนได้เข้าใจตรงกัน ดังนี้

1) สารกำหนดปริมาณ คือ สารตั้งต้นที่เข้าทำปฏิกิริยาหมดก่อนในการคำนวณหาปริมาณของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น พบว่า

2) ในกรณีที่สารตั้งต้นเข้าทำปฏิกิริยากันหมดพอดี การคำนวณหาสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะใช้สารตั้งต้นตัวใดก็ได้ในการคำนวณหาปริมาณ

3) ในกรณีที่สารตั้งต้นตัวใดตัวหนึ่งมีปริมาณมากกว่าสารตั้งต้นตัวอื่น ๆ การคำนวณหาสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะใช้สารสารกำหนดปริมาณในการคำนวณหาปริมาณของสารผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

5.4 ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

5.4.1 ครูขยายขอบเขตการเรียนรู้เกี่ยวกับการผลิตสารต่างๆ ในห้องปฏิบัติการหรืออุตสาหกรรมที่มักจะไม่ใช้สารตั้งต้นในปริมาณที่ทำปฏิกิริยากันพอดีตามสมการเคมีที่ดุลแล้ว

5.4.2 ครูขยายขอบเขตการเรียนรู้โดยพูดให้นักเรียนให้รู้ถึงความสำคัญของการเรียนในหัวข้อเรื่อง สารกำหนดปริมาณ ซึ่งมีความสำคัญมากสำหรับระบบการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและปริมาณของเสียที่เกิดให้น้อยที่สุด การกำหนดปริมาณของสารที่ใช้ทำปฏิกิริยากันจะต้องเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และเหลือของเสียในกระบวนการผลิตให้น้อยที่สุด

5.4.3 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน โดยให้นักเรียนเก่ง-อ่อน ชาย-หญิง คละกัน ทำการทดลองตามใบกิจกรรมการทดลอง เรื่อง สารกำหนดปริมาณ

5.4.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลอง

5.5 ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evolution)

5.5.1 ครูใช้คำถามเพื่อหาข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับสารกำหนดปริมาณ เช่น

1) สารกำหนดปริมาณ หมายถึง

2) สารกำหนดปริมาณ มีประโยชน์อย่างไร

5.5.2 ประเมินจากการตรวจแบบฝึกหัด เรื่อง สารกำหนดปริมาณ

5.5.3 ประเมินจากการปฏิบัติการทดลองและประเมินคุณลักษณะโดยการสังเกต

6. สื่อ/อุปกรณ์/แหล่งการเรียนรู้

6.1 สื่อการเรียนรู้

6.1.1 หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2 สสวท.

6.1.2 ใบความรู้ เรื่อง สารกำหนดปริมาณ

6.1.3 ใบกิจกรรมการทดลอง เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์

6.1.4 แบบฝึกหัด เรื่อง สารกำหนดปริมาณ

7. กระบวนการวัดผลและประเมินผล

การวัดผลประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)	1. วัดจากแบบฝึกหัด	1. แบบฝึกหัด 5 ข้อ	1. ทำแบบฝึกหัดถูกมากกว่าหรือเท่ากับ 3 ข้อขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ (P)	1. ประเมินจากการปฏิบัติการทดลอง	1. แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง	1. ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ (A)	การสังเกตพฤติกรรมความสนใจ และตั้งใจเรียน	แบบประเมินคุณลักษณะโดยการสังเกต	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง

กลุ่มที่	พฤติกรรมและระดับคะแนน				รวม (16 คะแนน)
	การวางแผนขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง (4 คะแนน)	**การสังเกตและบันทึกผลการทดลอง (4 คะแนน)**	**การแปลผลและสรุปผลการทดลอง (4 คะแนน)**	**การนำเสนอผลการทดลอง (4 คะแนน)**	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

ระดับคุณภาพ

ดีมาก	ให้คะแนน 4
ดี	ให้คะแนน 3
พอใช้	ให้คะแนน 2
ควรปรับปรุง	ให้คะแนน 1

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 13-16	หมายถึง	ดีมาก
คะแนน 9-12	หมายถึง	ดี
คะแนน 5-8	หมายถึง	พอใช้
คะแนน 0-4	หมายถึง	ควรปรับปรุง

ลงชื่อ.....

( )

ผู้ประเมิน

เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติการทดลอง

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. การวางแผนขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง	ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ทันเวลา ใช้อุปกรณ์และสารเคมีอย่างถูกต้อง คล่องแคล่ว และเหมาะสม	ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ทันเวลา ใช้อุปกรณ์และสารเคมีบางอย่างยังไม่ถูกต้อง เหมาะสม	ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ไม่ทันเวลาที่กำหนด ใช้อุปกรณ์และสารเคมีบางอย่างยังไม่ถูกต้อง เหมาะสม	ทดลองไม่ครบตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ไม่ทันเวลาที่กำหนด ใช้อุปกรณ์และสารเคมียังไม่ถูกต้อง เหมาะสม
2. การสังเกตและบันทึกผลการทดลอง	สังเกตและบันทึกผลการทดลองถูกต้อง คล่องแคล่ว ครบถ้วนตามการทดลอง	สังเกตและบันทึกผลการทดลองถูกต้อง คล่องแคล่ว แต่ไม่ครบตามการทดลอง	สังเกตและบันทึกผลการทดลองไม่ถูกต้องบางส่วน และไม่ครบตามการทดลอง	สังเกตและบันทึกผลการทดลองไม่ถูกต้อง และไม่ครบตามการทดลอง
3. การแปลผลและสรุปผลการทดลอง	แปลความหมายข้อมูลได้ถูกต้อง ลงข้อสรุปและอภิปรายผลสอดคล้องกับข้อมูล และครอบคลุมเนื้อหา	แปลความหมายข้อมูลได้ถูกต้อง ลงข้อสรุปและอภิปรายผลสอดคล้องกับข้อมูล แต่ไม่ครอบคลุมเนื้อหา	แปลความหมายข้อมูลข้อมูลได้ถูกต้องบางส่วน ลงข้อสรุปหรืออภิปรายผลสอดคล้องกับข้อมูล แต่ไม่ครอบคลุมเนื้อหา	แปลความหมายข้อมูลข้อมูลได้ถูกต้องลงข้อสรุปและอภิปรายผลไม่สอดคล้องกับข้อมูลและไม่ครอบคลุมเนื้อหา
4. การนำเสนอผลการทดลอง	นำเสนอผลการทดลอง อย่างถูกต้อง ชัดเจน กระชับ	นำเสนอผลการทดลองอย่างถูกต้อง แต่ยังไม่กระชับ	นำเสนอผลการทดลองไม่ถูกต้องบางส่วน และไม่ชัดเจน	นำเสนอผลการทดลองไม่สื่อความหมาย และไม่ชัดเจน

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

รายการ / ชื่อ-สกุล	มีจิตสาธารณะ (3)	มุ่งมั่นในการทำงาน (3)	ใฝ่เรียนรู้ (3)	มีวินัย (3)	ซื่อสัตย์สุจริต (3)	รวมคะแนน (15)

ระดับคุณภาพ

ดีมาก	ให้คะแนน 3
ดี	ให้คะแนน 2
ควรปรับปรุง	ให้คะแนน 1

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 11-15	หมายถึง	ดีมาก
คะแนน 6-10	หมายถึง	ดี
คะแนน 0-5	หมายถึง	ปรับปรุง

ลงชื่อ.....

( )

ผู้ประเมิน

ใบความรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้
เรื่อง สารกำหนดปริมาณ

.....

สารกำหนดปริมาณ (Limiting Reagent)

สารที่เข้าทำปฏิกิริยามีปริมาณไม่พอดีกัน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะสิ้นสุดเมื่อสารใดสารหนึ่งหมด สารที่หมดก่อนจะเป็นตัวกำหนดปริมาณของผลิตภัณฑ์ของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเรียกว่า สารกำหนดปริมาณ (Limiting Reagent)

สารกำหนดปริมาณในการเกิดปฏิกิริยาเป็นการคำนวณสารจากสมการของปฏิกิริยาที่โจทย์บอกข้อมูลเกี่ยวกับสารตั้งต้นมาให้มากกว่าหนึ่งชนิด ลักษณะโจทย์มี 2 แบบ คือ

1. โจทย์บอกข้อมูลของสารตั้งต้นมาให้มากกว่าหนึ่งชนิด แต่ไม่บอกข้อมูลเกี่ยวกับสารผลิตภัณฑ์ ในการคำนวณต้องพิจารณา ว่าสารใดถูกใช้ทำปฏิกิริยาหมด แล้วจึงใช้สารนั้นเป็นหลักในการคำนวณสิ่งที่ต้องการจากสมการได้

2. โจทย์บอกข้อมูลของสารตั้งต้นมาให้มากกว่าหนึ่งชนิด และบอกข้อมูลของสารผลิตภัณฑ์ชนิด ใดชนิดหนึ่งมาให้ด้วย ในการคำนวณให้ใช้ข้อมูลจากสารผลิตภัณฑ์เป็นเกณฑ์ในการเทียบหาสิ่งที่ต้องการจากสมการเคมี

กิจกรรมการทดลอง
เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณต่าง ๆ ของสารในสมการเคมี
2. บอกสารกำหนดปริมาณและคำนวณหาปริมาณของสารอื่นในปฏิกิริยาเคมีได้
3. คำนวณหาร้อยละของผลิตภัณฑ์ของสารจากการทดลองได้

คำชี้แจง

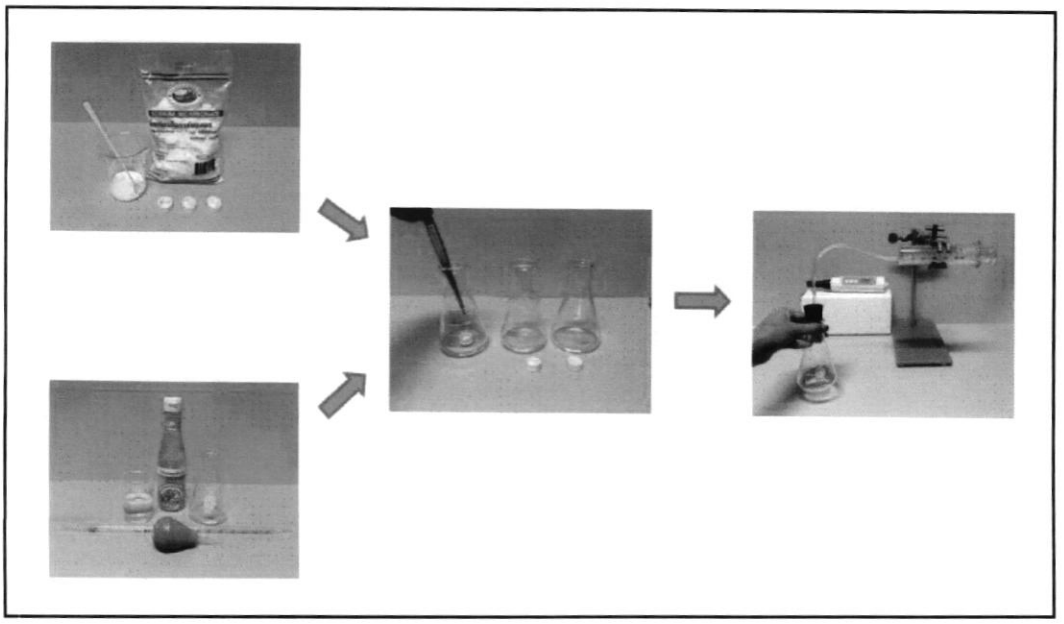
ให้นักเรียนเตรียมและดำเนินวิธีการทดลองดังรายละเอียดต่อไปนี้

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (ผงฟู $NaHCO_3$)
2. แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)
3. กรดน้ำส้มสายชู (กรดแอซิติก 5% CH_3COOH)
4. เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง
5. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร
6. กระบอกฉีดยาแบบแก้ว ขนาด 50 มิลลิลิตร
7. บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร
8. ชุดนำแก๊ส (สายยาง จุกยางปิดขวดรูปชมพู่ที่มีรูตรงกลาง)
9. ขาตั้งและมือจับ (Stand and Clamp)
10. ปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร
11. ฝาพลาสติก (Plastic vial)
12. คีมคีบ (Forceps)
13. ช้อนตักสาร
14. พาราฟิล์ม
15. บารอมิเตอร์

ขั้นตอนการทดลอง

1. ชั่งสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ประมาณ 0.020 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) แล้วบรรจุลงในฝาพลาสติก
2. ปิเปตกรดน้ำส้มสายชู ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วบรรจุลงในขวดรูปชมพู่ขนาด ขนาด 125 มิลลิลิตร
3. วางฝาพลาสติกที่มีสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตลงในขวดรูปชมพู่ที่บรรจุกรดน้ำส้มสายชูโดยใช้คีมคีบ (ระวัง! อย่าให้สารทั้งสองสัมผัสกัน)
4. ปิดปากขวดรูปชมพู่ด้วยจุกยางที่มีสายยางนำแก๊สที่เชื่อมต่ออยู่กับกระบอกฉีดยา จากนั้นพันจุกยางด้วยแผ่นพาราฟิล์มเพื่อป้องกันการรั่วไหลของแก๊สที่เกิดขึ้น
5. เขย่าขวดรูปชมพู่อย่างต่อเนื่องเพื่อให้สารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับกรดน้ำส้มสายชูอย่างสมบูรณ์ จากนั้น บันทึกปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้นในกระบอกฉีดยา
6. ทำการทดลองในลักษณะเดิม โดยคงปริมาตรน้ำส้มสายชูคงไว้ที่ 2 มิลลิลิตร แต่เพิ่มน้ำหนักของสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตขึ้นครั้งละ 0.02 กรัม จนกระทั่งปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้นคงที่ รวมทั้งเปลี่ยนชนิดของสารประกอบคาร์บอเนตจากโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต



ภาพที่ 1 ตัวอย่างการทดลอง

รายงานกิจกรรมการทดลอง

ปริมาณสารสัมพันธ์

กลุ่มที่..... ชั้น..... วันที่ .....

ชื่อสมาชิก

1. ชื่อ..... เลขที่.....
2. ชื่อ..... เลขที่.....
3. ชื่อ..... เลขที่.....
4. ชื่อ..... เลขที่.....
5. ชื่อ..... เลขที่.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) กับกรดน้ำส้มสายชู

- อุณหภูมิขณะทำการทดลอง = ...K
- ความดันของแก๊สขณะทำการทดลอง = ...atm

การทดลองที่	**ปริมาตรของ CH_3COOH (ml) (น้ำส้มสายชู 5 %)**	**น้ำหนักของ $NaHCO_3$ (g)**	**ปริมาตรของ CO_2 (cm^3)**

ตารางที่ 2 ปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) กับกรดน้ำส้มสายชู

- อุณหภูมิขณะทำการทดลอง = ...K
- ความดันของแก๊สขณะทำการทดลอง = ...atm

การทดลองที่	ปริมาตรของ CH_3COOH (ml) (น้ำส้มสายชู 5 %)	น้ำหนักของ $CaCO_3$ (g)	ปริมาตรของ CO_2 (cm^3)

กราฟความพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) หรือผงฟูกับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้น

กราฟความพันธ์ระหว่างน้ำหนักของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) หรือหินปูนกับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้น

แบบฝึกหัด

เรื่อง สารกำหนดปริมาณ

ชื่อ-สกุล..... ชั้น.....เลขที่.....

1. จากกราฟความพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) หรือผงฟู กับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้น ที่จุดสมมูลน้ำหนักของผงฟูเท่ากับเท่าไร

.....

.....

.....

.....

2. จากการทดลองปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) กับกรดน้ำส้มสายชู สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

3. จากกราฟความพันธ์ระหว่างน้ำหนักของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) หรือหินปูนกับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้น ที่จุดสมมูลน้ำหนักของหินปูนเท่ากับเท่าไร

.....

.....

.....

.....

4. จากการทดลองปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) กับกรดน้ำส้มสายชู สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

5. แคลเซียมคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับน้ำส้มสายชู ดังสมการ

$CaCO_3$ (S) + CH_3COOH (aq) ⟶ $(CH_3COO)_2Ca$(aq) + H_2O (l) + CO_2 (g)

(สมการยังไม่ดุล)

จงหาว่าถ้าใช้ $CaCO_3$ 0.2 กรัม ทำปฏิกิริยากับน้ำส้มสายชู 2 มิลลิลิตร สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ สารใดเหลือ เหลือเท่าไร และเกิดแก๊สผลิตภัณฑ์คิดเป็นกี่โมล

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค

ชุดปฏิบัติการทดลองการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตและกรด

เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

ชุดปฏิบัติการทดลองการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับกรด
เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

จุดประสงค์การทดลอง

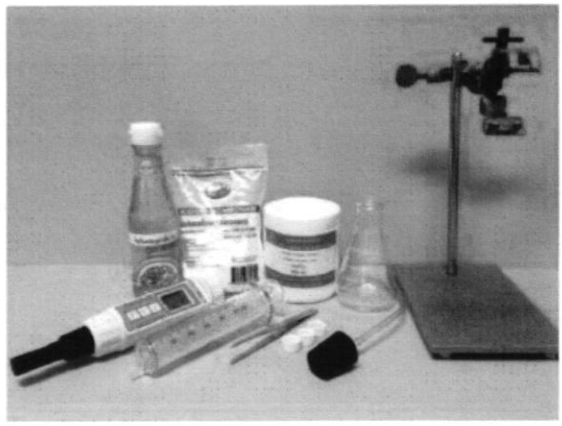
1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณต่าง ๆ ของสารในสมการเคมี
2. บอกสารกำหนดปริมาณและคำนวณหาปริมาณของสารอื่นในปฏิกิริยาเคมีได้
3. คำนวณหาร้อยละของผลิตภัณฑ์ของสารจากการทดลองได้

คำชี้แจง

ให้นักเรียนเตรียมและดำเนินวิธีการทดลองดังรายละเอียดต่อไปนี้

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (ผงฟู, $NaHCO_3$)
2. แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)
3. กรดน้ำส้มสายชู (กรดแอซิติก 5%, CH_3COOH)
4. เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง
5. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร
6. กระบอกฉีดยาแบบแก้ว ขนาด 50 มิลลิลิตร
7. บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร
8. ชุดนำแก๊ส (สายยาง จุกยางปิดขวดรูปชมพู่ที่มีรูตรงกลาง)
9. ขาตั้งและมือจับ (Stand and Clamp)
10. ปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร
11. ฝาพลาสติก (Plastic vial)
12. คีมคีบ (Forceps)
13. ช้อนตักสาร
14. พาราฟิล์ม
15. บารอมิเตอร์



ภาพที่ ค.1 ตัวอย่างสารเคมีและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. ชั่งสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ประมาณ 0.020 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) แล้วบรรจุลงในฝาพลาสติก

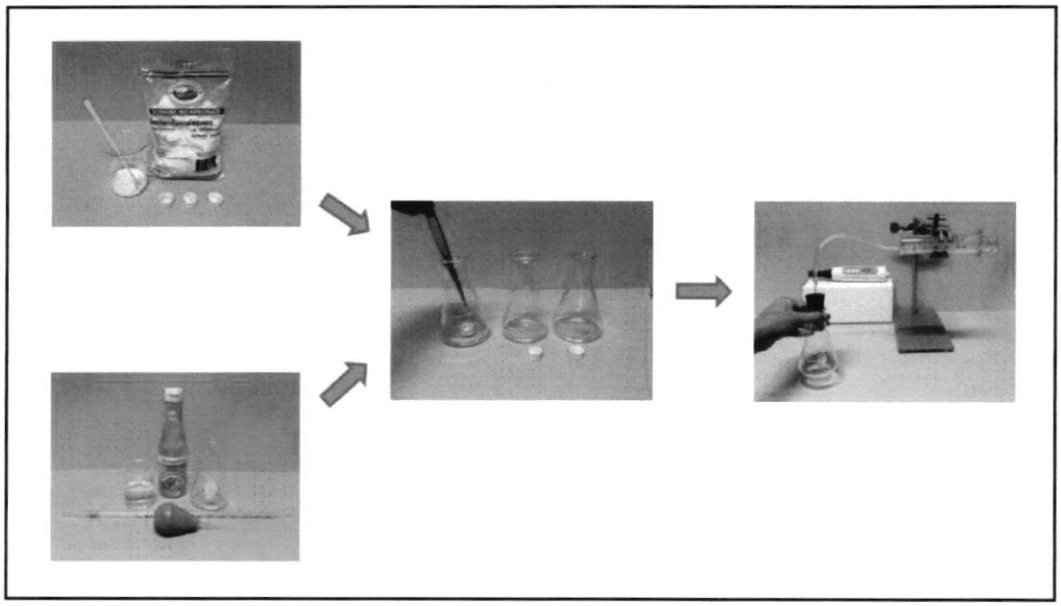
2. ปิเปตกรดน้ำส้มสายชู ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วบรรจุลงในขวดรูปชมพู่ขนาด ขนาด 125 มิลลิลิตร

3. วางฝาพลาสติกที่มีสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตลงในขวดรูปชมพู่ที่บรรจุกรดน้ำส้มสายชูโดยใช้คีมคีบ (ระวัง! อย่าให้สารทั้งสองสัมผัสกัน)

4. ปิดปากขวดรูปชมพู่ด้วยจุกยางที่มีสายยางนำแก๊สที่เชื่อมต่ออยู่กับกระบอกฉีดยา จากนั้นพันจุกยางด้วยแผ่นพาราฟิล์มเพื่อป้องกันการรั่วไหลของแก๊สที่เกิดขึ้น

5. เขย่าขวดรูปชมพู่อย่างต่อเนื่องเพื่อให้สารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับกรดน้ำส้มสายชูอย่างสมบูรณ์ จากนั้น บันทึกปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้นในกระบอกฉีดยา

6. ทำการทดลองในลักษณะเดิม โดยคงปริมาตรน้ำส้มสายชูคงไว้ที่ 2 มิลลิลิตร แต่เพิ่มน้ำหนักของสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตขึ้นครั้งละ 0.02 กรัม จนกระทั่งปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้นคงที่ รวมทั้งเปลี่ยนชนิดของสารประกอบคาร์บอเนตจากโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต



ภาพที่ ค.2 ขั้นตอนการทดลองสำหรับปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชู

รายงานกิจกรรมการทดลอง

สารกำหนดปริมาณ

กลุ่มที่..... ชั้น..... วันที่ .....

ชื่อสมาชิก

1. ชื่อ..... เลขที่.....
2. ชื่อ..... เลขที่.....
3. ชื่อ..... เลขที่.....
4. ชื่อ..... เลขที่.....
5. ชื่อ..... เลขที่.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) กับกรดน้ำส้มสายชู

- อุณหภูมิขณะทำการทดลอง = ...K
- ความดันของแก๊สขณะทำการทดลอง = ...atm

การทดลองที่	ปริมาตรของ CH_3COOH (ml) (น้ำส้มสายชู 5 %)	น้ำหนักของ $NaHCO_3$ (g)	ปริมาตรของ CO_2 (cm^3)

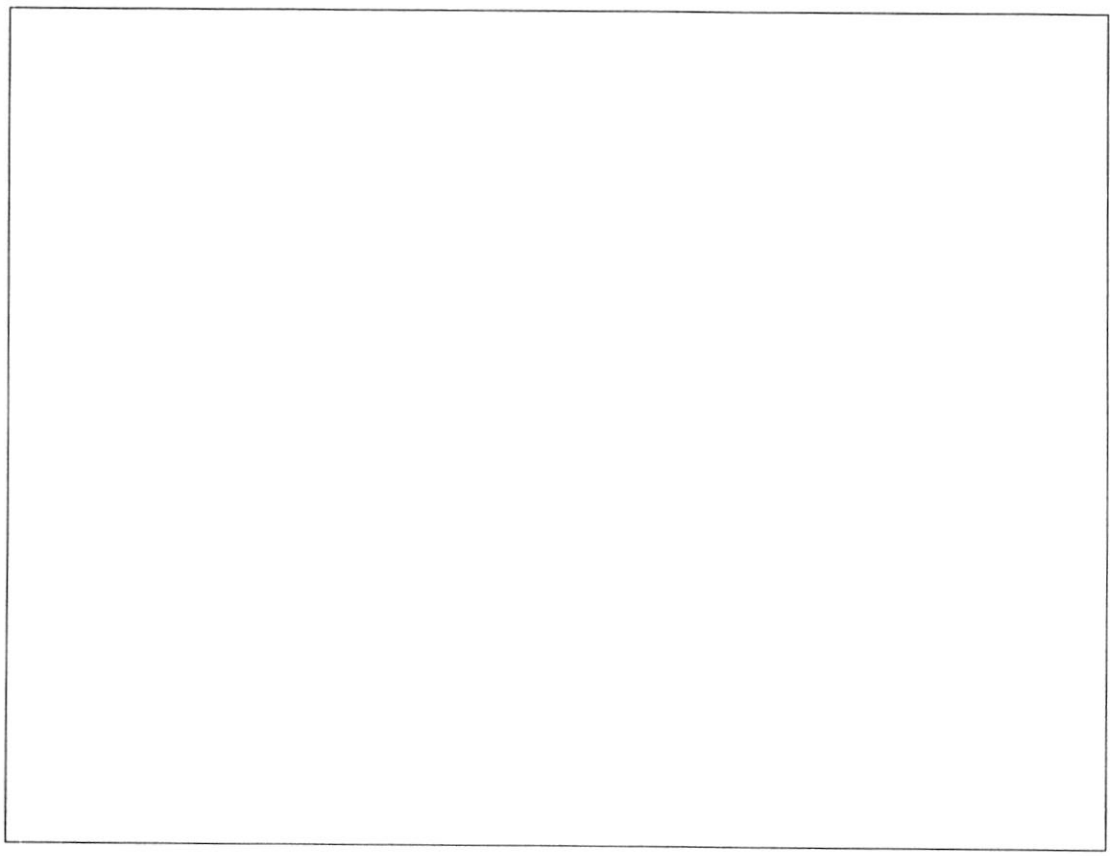
ตารางที่ 2 ปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) กับกรดน้ำส้มสายชู

- อุณหภูมิขณะทำการทดลอง = ...K
- ความดันของแก๊สขณะทำการทดลอง = ...atm

การทดลองที่	ปริมาตรของ CH_3COOH (ml) (น้าส้มสายชู 5 %)	น้ำหนักของ $CaCO_3$ (g)	ปริมาตรของ CO_2 (cm^3)

กราฟความพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) หรือผงฟูกับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้น

กราฟความพันธ์ระหว่างน้ำหนักของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) หรือหินปูนกับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้น



คำถามท้ายการทดลอง

ตอนที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี

1. แคลเซียมคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับน้ำส้มสายชู ดังสมการ

   $CaCO_3(S) + CH_3COOH\ (aq) \longrightarrow (CH_3COO)_2Ca(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

   (สมการยังไม่ดุล) จงหาว่าถ้าใช้ $CaCO_3$ 0.15 กรัม ทำปฏิกิริยากับน้ำส้มสายชูที่มีปริมาณมากเกินพอ จะมีเกิดแก๊ส CO_2 เกิดขึ้นกี่โมล คิดเป็นกี่กรัม

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

2. โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับน้ำส้มสายชู ดังสมการ

   $NaHCO_3(s) + CH_3COOH(aq) \longrightarrow CH_3COONa(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

   (สมการยังไม่ดุล) จงหาว่าถ้าใช้ $CaCO_3$ 0.2 กรัม ทำปฏิกิริยากับน้ำส้มสายชูที่มีปริมาณมากเกินพอ จะมีเกิดแก๊ส CO_2 เกิดขึ้นกี่โมล คิดเป็นกี่กรัม

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

ตอนที่ 2 สารกำหนดปริมาณ

1. จากกราฟความพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) หรือผงฟู กับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้น ที่จุดสมมูลน้ำหนักของผงฟูเท่ากับเท่าไร

.....

.....

2. จากการทดลองปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) กับกรดน้ำส้มสายชู สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

3. จากกราฟความพันธ์ระหว่างน้ำหนักของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) หรือหินปูนกับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้น ที่จุดสมมูลน้ำหนักของหินปูนเท่ากับเท่าไร

.....

.....

4. จากการทดลองปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) กับกรดน้ำส้มสายชู สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

5. แคลเซียมคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับน้ำส้มสายชู ดังสมการ

$CaCO_3\ (S) + CH_3COOH\ (aq) \longrightarrow (CH_3COO)_2Ca\ (aq) + H_2O\ (l) + CO_2\ (g)$

(สมการยังไม่ดุล) จงหาว่าถ้าใช้ $CaCO_3$ 0.2 กรัม ทำปฏิกิริยากับน้ำส้มสายชู 2 มิลลิลิตร สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ สารใดเหลือ เหลือเท่าไร และเกิดแก๊สผลิตภัณฑ์คิดเป็นกี่โมล

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 ผลได้ร้อยละ

1. จากการทดลองปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) กับกรดน้ำส้มสายชู ร้อยละของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีค่าเท่าไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากการทดลองปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) กับกรดน้ำส้มสายชู ร้อยละของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีค่าเท่าไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง
เกณฑ์การวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ ง.1 เกณฑ์การวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. การวางแผนขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง	ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ทันเวลา ใช้อุปกรณ์และสารเคมีอย่างถูกต้อง คล่องแคล่วและเหมาะสม	ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ทันเวลา ใช้อุปกรณ์และสารเคมีบางอย่างยังไม่ถูกต้องเหมาะสม	ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ไม่ทันเวลาที่กำหนด ใช้อุปกรณ์และสารเคมีบางอย่างยังไม่ถูกต้อง เหมาะสม	ทดลองไม่ครบตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ไม่ทันเวลาที่กำหนด ใช้อุปกรณ์และสารเคมียังไม่ถูกต้องเหมาะสม
2. การสังเกตและบันทึกผลการทดลอง	สังเกตและบันทึกผลการทดลองถูกต้องคล่องแคล่วครบถ้วนตามการทดลอง	สังเกตและบันทึกผลการทดลองถูกต้องคล่องแคล่วแต่ไม่ครบตามการทดลอง	สังเกตและบันทึกผลการทดลองไม่ถูกต้องบางส่วนและไม่ครบตามการทดลอง	สังเกตและบันทึกผลการทดลองไม่ถูกต้อง และไม่ครบตามการทดลอง
3. การแปลผลและสรุปผลการทดลอง	แปลความหมายข้อมูลได้ถูกต้อง ลงข้อสรุปและอภิปรายผลสอดคล้องกับข้อมูล และครอบคลุมเนื้อหา	แปลความหมายข้อมูลได้ถูกต้อง ลงข้อสรุปและอภิปรายผลสอดคล้องกับข้อมูล แต่ไม่ครอบคลุมเนื้อหา	แปลความหมายข้อมูลข้อมูลได้ถูกต้องบางส่วน ลงข้อสรุปหรืออภิปรายผลสอดคล้องกับข้อมูลแต่ไม่ครอบคลุมเนื้อหา	แปลความหมายข้อมูลข้อมูลได้ถูกต้องลงข้อสรุปและอภิปรายผลไม่สอดคล้องกับข้อมูลและไม่ครอบคลุมเนื้อหา
4. การนำเสนอผลการทดลอง	นำเสนอผลการทดลองอย่างถูกต้อง ชัดเจน กระชับ	นำเสนอผลการทดลองอย่างถูกต้องแต่ยังไม่กระชับ	นำเสนอผลการทดลองไม่ถูกต้องบางส่วน และไม่ชัดเจน	นำเสนอผลการทดลองไม่สื่อความหมาย และไม่ชัดเจน

ภาคผนวก จ
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ แบบปรนัย 4 ลำดับขั้น (4-tier diagnostic tests)

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ รายวิชา เคมี2 รหัสวิชา ว30222 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนโนนสูงศรีธานี อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา

.....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ☒ ทับข้อ ก, ข, ค และ ง ที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว และทำเครื่องหมาย ☒ ทับระดับความมั่นใจสำหรับวิธีการคำนวณ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ที่นักเรียนเลือกตอบเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำถาม

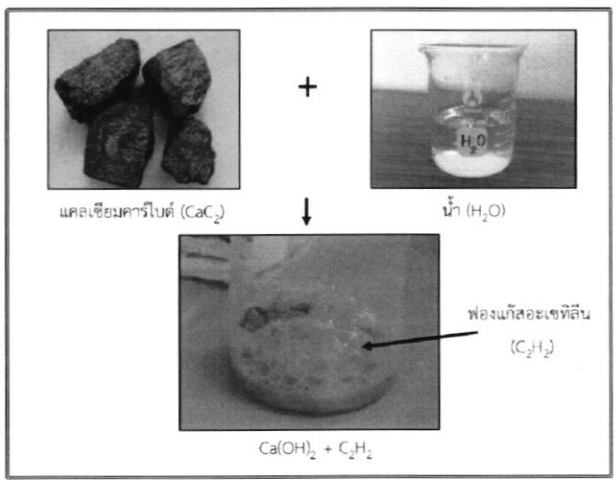
ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณสำหรับคำตอบส่วนที่ 1 โดยแสดงวิธีการคำนวณอย่างละเอียดลงในช่องว่างที่กำหนดให้ และทำเครื่องหมาย ☒ ทับระดับความมั่นใจสำหรับวิธีการคำนวณ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ที่นักเรียนเลือกตอบเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำถาม

2. เมื่อสอบเสร็จแล้วให้นำข้อสอบส่งคืนกรรมการกำกับห้องสอบ

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ผลการเรียนรู้ : คำนวณหาจำนวนโมล มวลของสาร ปริมาตรของแก๊สที่ STP หรือจำนวนอนุภาคของสารจากสมการเคมีได้

1. แก๊สอะเซทิลีน (C_2H_2) เตรียมได้จากแคลเซียมคาร์ไบด์ (CaC_2) ทำปฏิกิริยากับน้ำ ถ้าใช้ CaC_2 2 กรัม จะเกิดแก๊ส C_2H_2 ขึ้นกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ STP คิดเป็นมวลกี่กรัม (C=12, H=1, Ca=40, O=16)



ภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง CaC_2 กับ H_2O

ก. 0.7 cm^3 , 6.25 g

ข. 7.0 cm^3 , 0.625 g

ค. 70 cm^3 , 8.125 g

ง. 700 cm^3 , 0.8125 g

ระดับความมั่นใจสำหรับตัวเลือก

1	2	3	4	5	6
เดาคำตอบที่เลือก	ไม่ค่อยมั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	ไม่มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมากที่สุด

แสดงวิธีการคำนวณ

ระดับความมั่นใจสำหรับวิธีการคำนวณ

1	2	3	4	5	6
เดาวิธีการคำนวณ	ไม่ค่อยมั่นใจวิธีการคำนวณมาก	ไม่มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณมาก	มั่นใจวิธีการคำนวณมากที่สุด

2. น้ำมันออกเทน (C_8H_{18}) เมื่อถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ในเครื่องยนต์ ปฏิกิริยาดังสมการ $C_8H_{18} + 12.5O_2 \longrightarrow 8CO_2 + 9H_2O$ ถ้าใช้ออกซิเจนไป 44.8 dm^3 อยากทราบว่า น้ำมันออกเทนจะถูกใช้ไปในปฏิกิริยาการเผาไหม้กี่กรัม (C=12, H=1, O=16)

ก. 1.824 กรัม

ข. 2.736 กรัม

ค. 18.24 กรัม

ง. 27.36 กรัม

ระดับความมั่นใจสำหรับตัวเลือก

1	2	3	4	5	6
เดาคำตอบที่เลือก	ไม่ค่อยมั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	ไม่มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมากที่สุด

แสดงวิธีการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

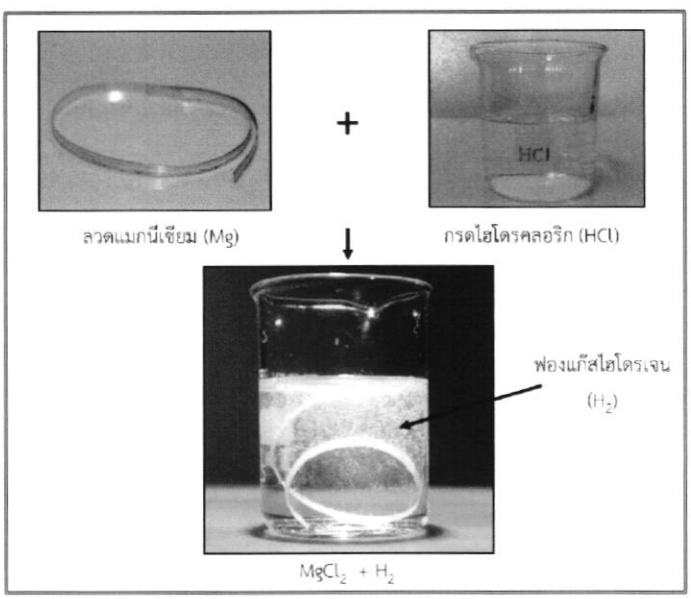
.....

.....

ระดับความมั่นใจสำหรับวิธีการคำนวณ

1	2	3	4	5	6
เดาวิธีการคำนวณ	ไม่ค่อยมั่นใจวิธีการคำนวณมาก	ไม่มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณมาก	มั่นใจวิธีการคำนวณมากที่สุด

3. แมกนีเซียม 12 กรัม ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก 40 กรัม เกิดแก๊สไฮโดรเจนเป็นผลิตภัณฑ์ ดังสมการ $Mg(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$ มีแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้นกี่โมล (Mg=24, O=16, H=1, Cl=35.5)



ภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง Mg กับ HCl

ก. 0.5 โมล
ข. 1 โมล
ค. 1.5 โมล
ง. 2 โมล

ระดับความมั่นใจสำหรับตัวเลือก

1	2	3	4	5	6
เดาคำตอบที่เลือก	ไม่ค่อยมั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	ไม่มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมากที่สุด

แสดงวิธีการคำนวณ

.....

.....

.....

ระดับความมั่นใจสำหรับวิธีการคำนวณ

1	2	3	4	5	6
เดาวิธีการคำนวณ	ไม่ค่อยมั่นใจวิธีการคำนวณมาก	ไม่มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณมาก	มั่นใจวิธีการคำนวณมากที่สุด

4. แก๊สแอมโมเนียเกิดจากการรวมตัวพอดีกันของไนโตรเจนกับไฮโดรเจน ดังปฏิกิริยา

$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$ ถ้ามีไนโตรเจนจำนวน 50 กรัม จะต้องใช้ไฮโดรเจนอย่างน้อยที่สุดกี่กรัม และเกิดแอมโมเนียมากที่สุดกี่กรัม (N=14, H=1)

ก. ใช้ออกซิเจนอย่างน้อย 10.7 กรัม เกิดแอมโมเนียมากที่สุด 51 กรัม

ข. ใช้ออกซิเจนอย่างน้อย 10.5 กรัม เกิดแอมโมเนียมากที่สุด 60.7 กรัม

ค. ใช้ออกซิเจนอย่างน้อย 10.5 กรัม เกิดแอมโมเนียมากที่สุด 51 กรัม

ง. ใช้ออกซิเจนอย่างน้อย 10.7 กรัม เกิดแอมโมเนียมากที่สุด 60.7 กรัม

ระดับความมั่นใจสำหรับตัวเลือก

1	2	3	4	5	6
เดาคำตอบที่เลือก	ไม่ค่อยมั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	ไม่มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมากที่สุด

แสดงวิธีการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

ระดับความมั่นใจสำหรับวิธีการคำนวณ

1	2	3	4	5	6
เดาวิธีการคำนวณ	ไม่ค่อยมั่นใจวิธีการคำนวณมาก	ไม่มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณมาก	มั่นใจวิธีการคำนวณมากที่สุด

ผลการเรียนรู้ : ระบุสารกำหนดปริมาณและใช้คำนวณหาปริมาณของสารอื่นในปฏิกิริยาเคมีได้

5. พิจารณาสมการต่อไปนี้ $4NH_3(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 4NO(g) + 6H_2O(g)$ ถ้ามี NH_3 จำนวน 51 กรัม และ O_2 จำนวน 128 กรัม อยากทราบว่าเมื่อสารทั้งสองทำปฏิกิริยากัน สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ สารใดเหลือจากปฏิกิริยา มีปริมาณเหลือเท่าไหร่ จะเกิด NO และ H_2O อย่างละกี่กรัม (N=14, H=1, O=16)

ก. NH_3 เป็นสารกำหนดปริมาณ , มี O_2 เหลือ 8 กรัม, เกิด NO 90 กรัม เกิด H_2O 81 กรัม

ข. NH_3 เป็นสารกำหนดปริมาณ , มี O_2 เหลือ 6 กรัม, เกิด NO 91.5 กรัม เกิด H_2O 82.35 กรัม

ค. O_2 เป็นสารกำหนดปริมาณ , มี NH_3 เหลือ 8 กรัม, เกิด NO 90 กรัม เกิด H_2O 81 กรัม

ง. O_2 เป็นสารกำหนดปริมาณ , มี NH_3 เหลือ 6 กรัม, เกิด NO 91.5 กรัม เกิด H_2O 82.35 กรัม

ระดับความมั่นใจสำหรับตัวเลือก

1	2	3	4	5	6
เดาคำตอบที่เลือก	ไม่ค่อยมั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	ไม่มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมากที่สุด

แสดงวิธีการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

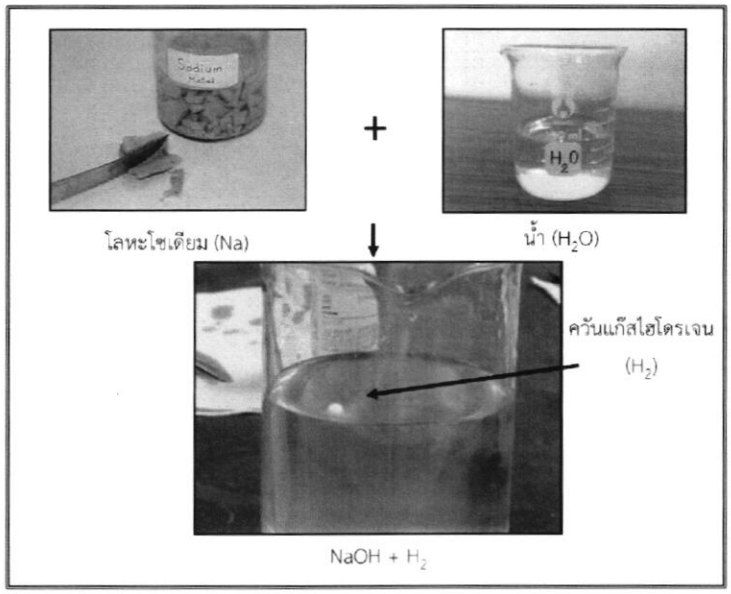
.....

.....

ระดับความมั่นใจสำหรับวิธีการคำนวณ

1	2	3	4	5	6
เดาวิธีการคำนวณ	ไม่ค่อยมั่นใจวิธีการคำนวณมาก	ไม่มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณมาก	มั่นใจวิธีการคำนวณมากที่สุด

6. จากปฏิกิริยาของโลหะโซเดียมกับน้ำ ดังสมการ $2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2$ ถ้าใช้ Na จำนวน 25.5 กรัม ทำปฏิกิริยากับน้ำจำนวน 50 กรัม สารใดเป็นสารเหลือ เหลือกี่กรัม (Na=23, H=1, O=16)



ภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง Mg กับ HCl

ข. Na เหลือ 0.5 กรัม

ข. Na เหลือ 15.5 กรัม

ค. H_2O เหลือ 20.05 กรัม

ง. H_2O เหลือ 30.04 กรัม

ระดับความมั่นใจสำหรับตัวเลือก

1	2	3	4	5	6
เดาคำตอบที่เลือก	ไม่ค่อยมั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	ไม่มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมากที่สุด

แสดงวิธีการคำนวณ

.....

.....

ระดับความมั่นใจสำหรับวิธีการคำนวณ

1	2	3	4	5	6
เดาวิธีการคำนวณ	ไม่ค่อยมั่นใจวิธีการคำนวณมาก	ไม่มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณมาก	มั่นใจวิธีการคำนวณมากที่สุด

7. สารละลาย A ทำปฏิกิริยากับสารละลาย B ดังสมการ $A + 2B \longrightarrow AB_2$ ถ้านำสารละลาย A เข้มข้น 1.5 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร มา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับสารละลาย B เข้มข้น 3 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 6 ลูกบาศก์เซนติเมตร หลังปฏิกิริยาเกิดขึ้นสมบูรณ์แล้วจะมีสารใดเหลืออยู่และเหลืออยู่กี่โมล

ก. สาร A เหลือ 0.005 โมล

ข. สาร A เหลือ 0.006 โมล

ค. สาร B เหลือ 0.005 โมล

ง. สาร B เหลือ 0.006 โมล

ระดับความมั่นใจสำหรับตัวเลือก

1	2	3	4	5	6
เดาคำตอบที่เลือก	ไม่ค่อยมั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	ไม่มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมากที่สุด

แสดงวิธีการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ระดับความมั่นใจสำหรับวิธีการคำนวณ

1	2	3	4	5	6
เดาวิธีการคำนวณ	ไม่ค่อยมั่นใจวิธีการคำนวณมาก	ไม่มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณมาก	มั่นใจวิธีการคำนวณมากที่สุด

ผลการเรียนรู้ : คำนวณหาผลได้ร้อยละของสารจากการทดลองที่กำหนดให้ได้

8. การทดลองนำเหล็ก 10 กรัม ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1.0 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ วัดปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นที่สภาวะ STP ได้ 1,792 ลูกบาศก์เซนติเมตร จงคำนวณหาร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ปฏิกิริยาเป็นดังสมการ

$Fe(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow FeSO_4(aq) + H_2(g)$ (Fe=56, S=32, O=16, H=1,)

ก. 78

ข. 80

ค. 80.5

ง. 90

ระดับความมั่นใจสำหรับตัวเลือก

1	2	3	4	5	6
เดาคำตอบที่เลือก	ไม่ค่อยมั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	ไม่มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมากที่สุด

แสดงวิธีการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ระดับความมั่นใจสำหรับวิธีการคำนวณ

1	2	3	4	5	6
เดาวิธีการคำนวณ	ไม่ค่อยมั่นใจวิธีการคำนวณมาก	ไม่มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณมาก	มั่นใจวิธีการคำนวณมากที่สุด

9. จากปฏิกิริยาของโลหะโซเดียมกับน้ำ ดังสมการ $2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2$ ถ้าใช้ Na จำนวน 25.56 กรัม ทำปฏิกิริยากับน้ำจำนวน 50 กรัม ถ้าการทดลองเกิดแก๊สไฮโดรเจน 0.90 กรัม จงหาผลได้ร้อยละของแก๊สไฮโดรเจน (Na=23, H=1, O=16)

ก. 81.08

ข. 85

ค. 85.08

ง. 92.05

ระดับความมั่นใจสำหรับตัวเลือก

1	2	3	4	5	6
เดาคำตอบที่เลือก	ไม่ค่อยมั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	ไม่มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมากที่สุด

แสดงวิธีการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ระดับความมั่นใจสำหรับวิธีการคำนวณ

1	2	3	4	5	6
เดาวิธีการคำนวณ	ไม่ค่อยมั่นใจวิธีการคำนวณมาก	ไม่มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณมาก	มั่นใจวิธีการคำนวณมากที่สุด

10. การเตรียมเมทานอล (CH_3OH) ในอุตสาหกรรมมีปฏิกิริยาดังสมการ

$$2H_2(g) + CO(g) \xrightarrow{\text{ตัวเร่งปฏิกิริยา}} CH_3OH(l)$$

ถ้าเริ่มต้นใช้ CO 68.5 กรัม และ H_2 8.6 กรัม การเตรียมสารครั้งนี้ได้ CH_3OH 35.7 กรัม ผลได้ร้อยละมีค่าเท่าไหร่

ก. 50.45

ข. 51.45

ค. 51.89

ง. 55.89

ระดับความมั่นใจสำหรับตัวเลือก

1	2	3	4	5	6
เดาคำตอบที่เลือก	ไม่ค่อยมั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	ไม่มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมาก	มั่นใจคำตอบที่เลือกมากที่สุด

แสดงวิธีการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ระดับความมั่นใจสำหรับวิธีการคำนวณ

1	2	3	4	5	6
เดาวิธีการคำนวณ	ไม่ค่อยมั่นใจวิธีการคำนวณมาก	ไม่มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณ	มั่นใจวิธีการคำนวณมาก	มั่นใจวิธีการคำนวณมากที่สุด

ภาคผนวก ฉ
การวิเคราะห์ความเข้าใจของนักเรียน

ตารางที่ ฉ.1 คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน คะแนนเต็ม 10 คะแนน

นักเรียนคนที่	คะแนน	
	pre-test	post-test
1.	4	6
2.	4	8
3.	3	10
4.	2	4
5.	3	4
6.	4	8
7.	3	10
8.	2	5
9.	1	4
10.	4	10
11.	3	9
12.	2	4
13.	3	9
14.	3	9
15.	3	5
16.	2	4
17.	2	4
18.	3	6
19.	3	7
20.	4	8
21.	2	5
22.	2	5
23.	1	6
24.	1	5
25.	2	6

ตารางที่ ฉ.1 คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน คะแนนเต็ม 10 คะแนน (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนน	
	pre-test	post-test
26.	1	4
27.	2	4
28.	4	5
29.	2	6
30.	2	7
31.	2	5
32.	1	4
33.	3	4
34.	2	5
35.	3	10
36.	3	10
37.	2	4
38.	2	9
39.	4	10
40.	2	4
41.	3	5
42.	2	5
43.	2	7
44.	3	10
45.	3	8
เฉลี่ย	2.53	6.38
คะแนนต่ำสุด	1	4
คะแนนสูงสุด	4	10
SD	0.89	2.23

ตารางที่ ฉ.2 คะแนนของนักเรียนที่ตอบตัวเลือกถูก ตอบเหตุผลถูก และตอบตัวเลือกและเหตุผลถูก ในแต่ละข้อก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 45)

ข้อที่	จำนวนของนักเรียน (คน)					
	ก่อนเรียน			หลังเรียน		
	ตอบตัวเลือกถูก	ตอบเหตุผลถูก	ตอบตัวเลือกและเหตุผลถูกทั้งคู่	ตอบตัวเลือกถูก	ตอบเหตุผลถูก	ตอบตัวเลือกและเหตุผลถูกทั้งคู่
1	8	3	3	24	21	21
2	14	0	0	35	31	31
3	11	4	4	35	27	27
4	18	1	1	23	22	22
5	16	0	0	24	16	16
6	8	0	0	23	18	18
7	6	0	0	35	35	35
8	11	0	0	29	15	15
9	10	0	0	27	17	17
10	12	0	0	32	22	22
เฉลี่ย	11.40	0.80	0.80	28.70	22.40	22.40

ตารางที่ ฉ.3 จำนวนนักเรียนที่มั่นใจในการตอบคำถามในตัวเลือก

ข้อ	จำนวนของนักเรียนที่ตอบถูก (คน)							
	ก่อนเรียน				หลังเรียน			
	CF	CFC	CFW	ตัวเลือกและเหตุผลถูกทั้งคู่	CF	CFC	CFW	ตัวเลือกและเหตุผลถูกทั้งคู่
1.	4	3	1	3	13	12	1	21
2.	1	0	1	0	15	14	1	31
3.	5	3	2	4	18	15	3	27
4.	3	2	1	1	14	12	2	22
5.	2	1	1	0	17	16	1	16
6.	1	0	1	0	13	12	1	18
7.	1	1	0	0	23	22	1	35
8.	1	0	1	0	8	8	0	15
9.	1	0	1	0	10	10	0	17
10.	1	1	0	0	17	17	0	22
รวม	20	11	9	8	148	138	10	224
ร้อยละ	4.44	2.44	2.00	1.78	32.89	30.67	2.22	40.78

หมายเหตุ: จำนวน 10 ข้อ นักเรียนทั้งหมด 45 คน

ตารางที่ ฉ.4 จำนวนนักเรียนที่มั่นใจในการตอบคำถามในเหตุผล

ข้อ	จำนวนของนักเรียนที่ตอบถูก (คน)							
	ก่อนเรียน				หลังเรียน			
	CF	CFC	CFW	ตัวเลือกและเหตุผลถูกทั้งคู่	CF	CFC	CFW	ตัวเลือกและเหตุผลถูกทั้งคู่
1.	2	1	1	3	12	12	0	21
2.	1	0	1	0	15	14	1	31
3.	2	1	1	4	14	12	2	27
4.	2	1	1	1	15	12	3	22
5.	1	0	1	0	15	13	2	16
6.	1	0	1	0	13	13	0	18
7.	1	0	1	0	21	20	1	35
8.	1	0	1	0	8	8	0	15
9.	1	0	1	0	10	10	0	17
10.	1	0	1	0	16	16	0	22
รวม	**13**	**3**	**10**	8	**139**	**130**	**9**	224
ร้อยละ	2.89	0.67	2.22	1.78	30.89	28.89	2.00	40.78

หมายเหตุ: จำนวน 10 ข้อ นักเรียนทั้งหมด 45 คน

ตารางที่ ฉ.5 จำนวนนักเรียนที่มั่นใจในการตอบคำถามในตัวเลือกและเหตุผล

ข้อ	จำนวนของนักเรียนที่ตอบถูก (คน)							
	ก่อนเรียน				หลังเรียน			
	CF	CFC	CFW	ตัวเลือกและเหตุผลถูกทั้งคู่	CF	CFC	CFW	ตัวเลือกและเหตุผลถูกทั้งคู่
1.	2	1	0	3	11	11	0	21
2.	1	0	1	0	15	14	1	31
3.	2	1	1	4	13	12	1	27
4.	2	1	1	1	14	12	2	22
5.	1	0	1	0	15	13	1	16
6.	1	0	1	0	11	11	0	18
7.	1	0	0	0	21	20	1	35
8.	1	0	1	0	8	8	0	15
9.	1	0	1	0	10	10	0	17
10.	1	0	0	0	16	16	0	22
รวม	13	3	7	8	134	127	6	224
ร้อยละ	2.89	0.67	1.56	1.78	29.78	28.22	1.33	40.78

หมายเหตุ: จำนวน 10 ข้อ นักเรียนทั้งหมด 45 คน

ตารางที่ ฉ.6 คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยการสังเกต

กลุ่มที่	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์			
	ทักษะที่ 1	ทักษะที่ 2	ทักษะที่ 3	ทักษะที่ 4
1.	4	4	4	4
2.	4	4	3	4
3.	4	4	3	4
4.	4	4	4	4
5.	4	4	4	4
6.	3	4	3	3
7.	4	4	3	3
8.	4	4	4	4
9.	3	3	2	3
เฉลี่ย	3.78	3.89	3.33	3.67

หมายเหตุ:

ทักษะที่ 1 คือ ทักษะการวางแผนขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง

ทักษะที่ 2 คือ ทักษะการสังเกตและบันทึกผลการทดลอง

ทักษะที่ 3 คือ ทักษะการแปลผลและสรุปผลการทดลอง

ทักษะที่ 4 คือ ทักษะการนำเสนอผลการทดลอง

ตารางที่ ฉ.7 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนแต่ละคน

คนที่	ระดับความพึงพอใจ														
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	ข้อ 14	ข้อ 15
1.	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	5
2.	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	4	5
3.	4	4	4	3	4	5	5	4	4	4	5	5	4	3	5
4.	4	4	4	3	4	5	4	3	5	4	4	5	4	3	5
5.	5	4	4	4	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	5
6.	3	4	3	5	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4
7.	4	4	3	5	5	5	4	3	4	4	5	5	4	4	5
8.	4	5	4	5	4	4	4	3	5	4	5	4	5	5	4
9.	3	5	2	5	5	5	4	4	4	3	4	3	5	4	4
10.	4	3	4	5	5	5	5	3	4	3	4	5	5	4	5
11.	4	5	3	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	5
12.	5	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	3	4
13.	5	3	4	4	5	3	4	3	5	4	4	5	5	4	5
14.	5	4	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5
15.	5	4	4	5	5	4	4	4	4	5	3	4	5	4	5
16.	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	3	4	4	4	5
17.	4	5	5	5	4	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5
18.	4	5	4	5	5	4	4	4	5	4	4	5	5	4	5
19.	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3
20.	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	4	3	5
21.	4	4	3	4	3	4	4	3	4	4	4	5	4	4	5
22.	4	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4
23.	4	4	4	5	5	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4
24.	4	3	4	4	3	4	4	5	4	4	4	4	3	5	3
25.	4	4	4	4	5	5	4	3	5	4	4	5	5	3	4
26.	4	4	4	4	5	5	4	4	5	4	4	5	5	4	4
27.	4	3	4	5	5	4	5	3	4	5	4	4	5	4	5
28.	4	4	5	4	5	4	4	3	4	3	4	4	3	5	4
29.	4	4	5	5	5	4	4	3	4	4	4	4	5	4	3
30.	4	3	4	4	3	4	4	5	4	5	3	4	4	3	4
31.	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
32.	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
33.	4	5	5	5	4	3	3	4	3	3	3	4	5	3	5
34.	4	5	5	5	4	4	4	5	4	5	5	5	5	4	5
35.	4	4	4	3	4	4	4	3	3	3	4	4	3	3	4
36.	4	4	3	4	5	4	4	3	5	5	4	4	5	3	5

ตารางที่ ฉ.7 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนแต่ละคน (ต่อ)

คนที่	ระดับความพึงพอใจ														
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	ข้อ 14	ข้อ 15
37.	4	3	5	5	4	3	3	5	4	4	4	3	5	4	3
38.	3	4	4	5	4	5	4	5	5	5	4	4	3	3	4
39.	4	4	4	5	5	4	4	4	5	4	4	5	5	4	5
40.	3	5	5	5	4	4	4	4	5	3	4	5	4	4	4
41.	5	5	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
42.	4	3	5	3	4	4	2	3	5	4	4	3	5	4	3
43.	5	4	4	4	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
44.	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
45.	4	4	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5
$\overline{X}$	4.13	4.09	4.11	4.42	4.38	4.24	4.11	3.96	4.29	4.20	4.22	4.40	4.38	3.91	4.44

ภาคผนวก ช
แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน

แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน

ด้วยการจัดกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on)

โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

<u>คำชี้แจง</u> โปรดเขียนเครื่องหมาย √ ลงในช่อง ( ) หน้าข้อความที่ตรงกับสภาพความเป็นจริงของท่าน

1. เพศ ( ) ชาย ( ) หญิง

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

<u>คำชี้แจง</u>

แบบสอบถามชุดนี้ ใช้เพื่อสำรวจความคิดเห็น และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการรู้เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ในรายวิชาเคมี 2 รหัสวิชา ว30222 กรุณาตอบแบบสอบถามให้ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุดเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมนี้ โดยให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นของนักเรียน <u>เพียงช่องเดียว/คำถาม เท่านั้น</u>

ในการตอบแบบสอบถามครั้งนี้ จะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อนักเรียน โปรดพิจารณาคำตอบที่นักเรียนให้ข้อมูล ให้ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด

โดยเลือก			
	1	ถ้านักเรียน	**น้อยที่สุด**
	2	ถ้านักเรียน	**น้อย**
	3	ถ้านักเรียน	**ปานกลาง**
	4	ถ้านักเรียน	**มาก**
	5	ถ้านักเรียน	**มากที่สุด**

รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
ส่วนที่ 1 ด้านการสอน					
1. นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน					
2. ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นในระหว่างเรียน					
3. ครูผู้สอนอธิบายเนื้อหาได้ชัดเจน					
4. ครูตอบคำถามแก่นักเรียนได้เมื่อเกิดข้อสงสัย					
5. ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตัวเอง					
ส่วนที่ 2 ด้านกิจกรรมการทดลอง					
1. การทดลองปริมาณสัมพันธ์โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรด มีความน่าสนใจ					
2. การทดลองปริมาณสัมพันธ์โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรดสามารถทำได้ง่าย					
3. อุปกรณ์การเรียนมีจำนวนเพียงพอกับนักเรียน					
4. ในการทดลองโดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตและกรดส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยช่วยกระตุ้นการคิดอย่างมีเหตุผล เพื่อแก้ปัญหาในห้องปฏิบัติการ					
5. ในการทดลองทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจที่จะเรียนรู้วิทยาศาสตร์					
ส่วนที่ 3 ด้านประโยชน์ต่อนักเรียน					
1. การทดลองทำให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณสารสัมพันธ์ดียิ่งขึ้น					
2. ในการทดลอง นักเรียนคิดว่า นักเรียนมีพัฒนาการเกี่ยวกับการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on) ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น					
3. ในระหว่างที่ทำการทดลอง ทำให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างเพื่อนในกลุ่ม					
4. นักเรียนสามารถนำความรู้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้ในการเรียนเรื่องอื่นๆและนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้					
5. นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตัวเองอย่างมีความสุข					

ตอนที่ 3 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

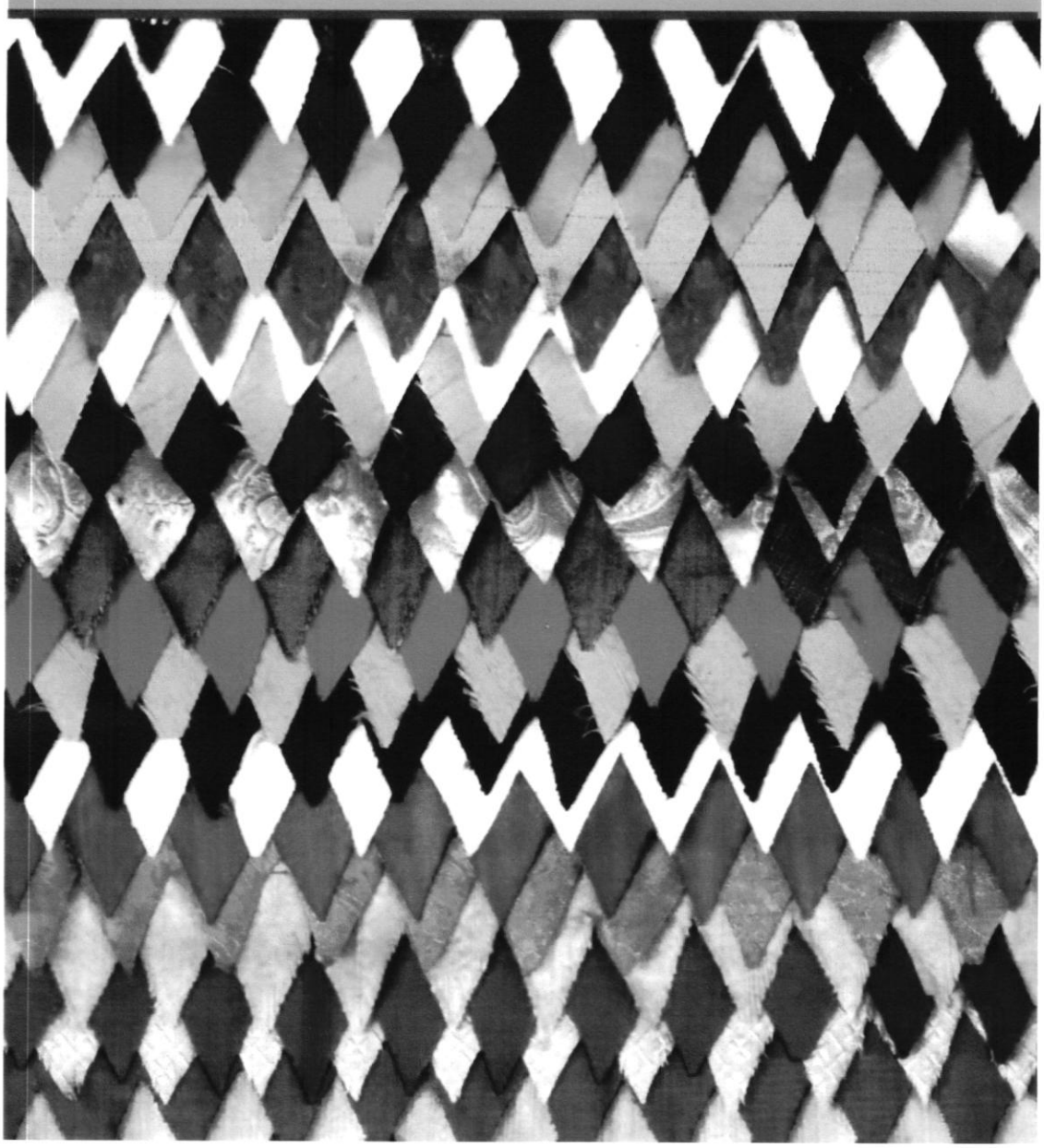
.....

ภาคผนวก ซ
เผยแพร่ผลงานวิจัย

ISSN 2228-8244

วารสาร มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มิถุนายน 2559



วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2559

การสาธิตทดลองสารกำหนดปริมาณโดยใช้สารเคมีในชีวิตประจำวัน

Experimental Demonstration of a Limiting Reagent using Chemicals in Daily Life

กุมารินทร์ ชาลีแสน, สุภาพ ตาเมือง, ปุริม จารุจำรัส, มะลิวรรณ อมตธงไชย และเสนอ ชัยรัมย์*

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190
*Email: sanoe.c@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการสาธิตทดลองสารกำหนดปริมาณโดยใช้สารเคมีในชีวิตประจำวันจากปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชู คาร์บอเนตจะทำปฏิกิริยากับกรดแอซิติกแล้วได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งสามารถวัดได้โดยตรงจากการใช้กระบอกฉีดยาโดยไม่ต้องอาศัยการแทนที่น้ำ เมื่อใช้ปริมาณกรดคงที่ ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์บอเนตที่ใช้ เพราะฉะนั้น ผลที่ได้จากการทดลองช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเรื่องสารกำหนดปริมาณได้ดียิ่งขึ้น การสาธิตทดลองนี้น่าจะเป็นที่สนใจสำหรับครูและนักเรียนทุกระดับชั้นในวิชาเคมี

คำสำคัญ: การสาธิต ปริมาณสัมพันธ์ สารกำหนดปริมาณ เคมีของกรด-เบส

Abstract

This research aimed to present an experimental demonstration of a limiting reagent using chemicals in daily life from the reaction between carbonates and vinegar. Carbonates react with acetic acid to form carbon dioxide (CO_2) gas, which was directly measured using a syringe without the displacement of water. When the amount of vinegar was fixed, the volume of CO_2 gas generated from the reaction was dependent on the amount of carbonates used. Therefore, the

results could help students to clarify the concept of a limiting reagent. This experimental demonstration also should be of interest to teachers and students at all levels in chemistry.

Keywords: Demonstration; Stoichiometry; Limiting reagent; Acid-base chemistry

บทนำ

ปริมาณสัมพันธ์ (Stoichiometry) เป็นการศึกษาเชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของสารเคมี ปริมาณของสารตั้งต้น ผลิตผล ตลอดจนปริมาณของพลังงานของสารที่เปลี่ยนแปลงในปฏิกิริยาเคมี (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2541) ปริมาณสัมพันธ์ประกอบด้วยเนื้อหาย่อยๆ หลายหัวข้อที่ยากต่อการทำความเข้าใจและเนื้อหาส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการคำนวณ เช่น โมล สารละลาย กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่ ปริมาณสารในสมการเคมี สารกำหนดปริมาณ ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้นำการทดลองง่ายๆ ระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรด เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับปริมาณสารในสมการเคมี และสารกำหนดปริมาณ ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณสัมพันธ์มีความสำคัญและเป็นประโยชน์ในการใช้คาดคะเนปริมาณของสารที่ใช้เป็นสารตั้งต้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณตามต้องการ รวมทั้งสามารถบอกได้ว่าสารตั้งต้น ตัวใดทำปฏิกิริยาหมดและสารตั้งต้นตัวใดที่เหลือจากปฏิกิริยา ปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตเป็นตัวหนึ่งที่น่าสนใจเพราะมีรูปเกลือของสารประกอบที่หลากหลาย

สารประกอบคาร์บอเนต คือ เกลือของกรดคาร์บอนิก พบในธรรมชาติหลายชนิด เช่น โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เป็นต้น โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต หรือ ผงฟู (Baking soda) ซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างและทำปฏิกิริยากับกรดแล้วได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกัน (Karakstis and Van Hecke, 2000; Proksa and Tóthová, 2006) สารประกอบคาร์บอเนตอีกชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากคือแคลเซียมคาร์บอเนต พบทั่วไปตามธรรมชาติในรูปของหินปูนหรือหินอ่อนและพบได้ในสัตว์ เช่น เปลือกหอย กระดูก เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดจะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นสารผลิตภัณฑ์ แคลเซียมคาร์บอเนตถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอย่างมากมาย

นักเคมีศึกษานิยมใช้ปฏิกิริยาที่ให้แก๊สเป็นสารผลิตภัณฑ์มาทำการสาธิตทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมหรือคุณสมบัติของแก๊ส ตัวอย่าง Nyasulu, Paris, and Barlag (2009) ได้นำเสนอการทดลองเพื่อศึกษาค่าคงที่ของแก๊สได้อาศัยปฏิกิริยาระหว่าง

คาร์บอเนตกับกรดและวัดปริมาณของแก๊สโดยการแทนที่น้ำ ในทำนองเดียวกัน Yu (2010) เสนอการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณสัมพันธ์ สมการรีดอกซ์ กฎความดันย่อยของดอลตัน ความดันไอของน้ำ และความดันบรรยากาศโดยอาศัยปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไนไตรต์ ($NaNO_2$) กับกรดซัลฟามิก ($H(NH_2)SO_3$) จะเห็นได้ว่า การทดลองทำให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริงด้วยตนเองและเกิดความรู้ความในเนื้อหาที่เป็นนามธรรมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ถึงแม้ว่า การติดตามปริมาตรของแก๊สผลิตภัณฑ์โดยอาศัยการแทนที่น้ำจะเป็นที่นิยม แต่ก็เป็นวิธีการวัดโดยทางอ้อม ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยต้องการนำเสนอการทดลองเพื่อศึกษาสารกำหนดปริมาณโดยอาศัยสารเคมีในชีวิตประจำวันจากปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชู แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นสามารถวัดได้โดยตรงจากอุปกรณ์วัดปริมาตร เช่น กระบอกฉีดยา (Syringe) ไม่ต้องอาศัยการแทนที่น้ำ การศึกษาในครั้งนี้ใช้สารประกอบคาร์บอเนต 2 ชนิด คือ โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) หรือแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ทำปฏิกิริยากับกรดแอซิติก (CH_3COOH) จากน้ำส้มสายชู จากงานวิจัย Artdej and Thongpanchang (2008) จุดสมมูลของปฏิกิริยาหรือจุดที่สารลองตัวทำปฏิกิริยาพอดีกันหาได้จากจุดตัดของกราฟที่มีการเปลี่ยนแปลงของความชัน

ระเบียบวิธีวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ วิธีการทดลองทางวิทยาศาสตร์และวิธีการทางการศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

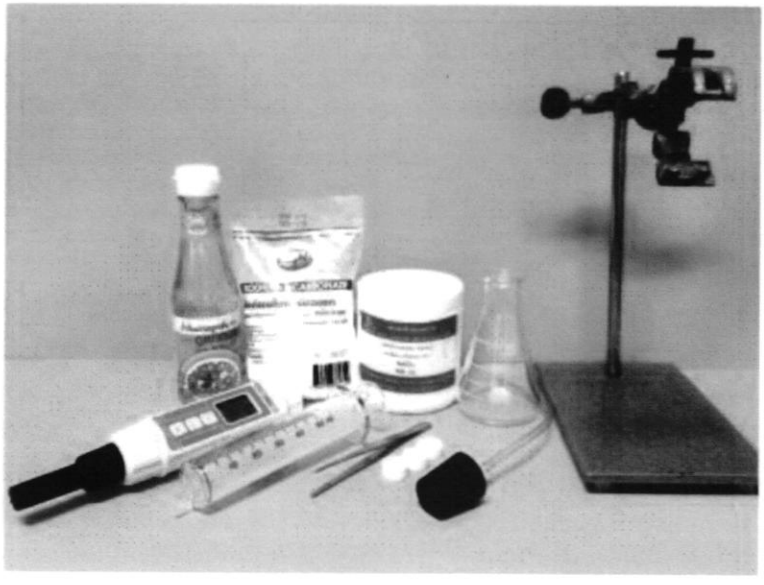
1. วิธีการทดลองทางวิทยาศาสตร์

1.1. สารเคมีและอุปกรณ์

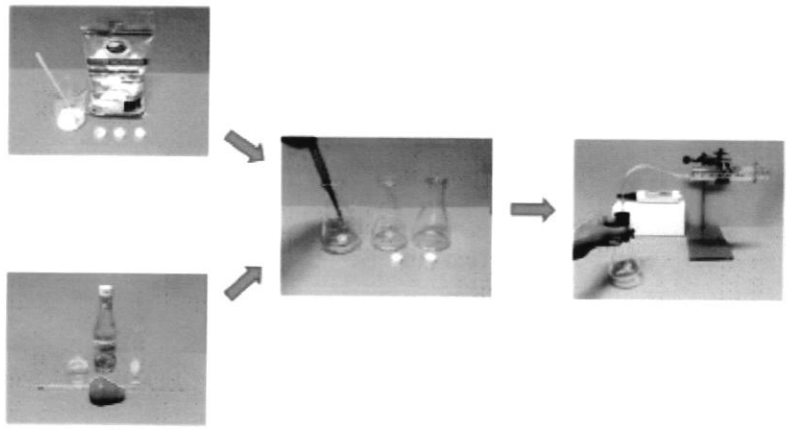
สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสาธิตทดลองมีดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 1)

- ผงฟู (โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต, $NaHCO_3$)
- แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)
- กรดน้ำส้มสายชู (กรดแอซิติก 5% w/v, CH_3COOH)
- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง
- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 125 มิลลิลิตร
- กระบอกฉีดยา (Syringe) แบบแก้ว ขนาด 50 มิลลิลิตร
- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 มิลลิลิตร

- ชุดนำแก๊ส (Gas outlet set) ประกอบด้วย สายยาง จุกยางปิดขวดรูปชมพู่ที่มีรูตรงกลาง
- ขาตั้งและมือจับ (Stand and Clamp)
- ปิเปต (Pipette) ขนาด 10 มิลลิลิตร
- ฝาพลาสติก (Plastic vial)
- คีมคีบ (Forceps)
- ช้อนตักสาร (Spatula)
- พาราฟิล์ม (Parafilm)
- บารอมิเตอร์ (Barometer)



ภาพที่ 1 สารเคมีและอุปกรณ์บางส่วนที่ใช้ในการสาธิตทดลอง



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทดลองสำหรับปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชู

1.2 วิธีการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองมีดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 2) ชั่งสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ประมาณ 0.02 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) แล้วบรรจุลงในฝาพลาสติกปีเปตกรดน้ำส้มสายชู ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร แล้วบรรจุลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร วางฝาพลาสติกที่มีสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตลงในขวดรูปชมพู่ที่บรรจุกรดน้ำส้มสายชูโดยใช้คีมคีบ (ระวัง! อย่าให้สารทั้งสองสัมผัสกันก่อน) ปิดปากขวดรูปชมพู่ด้วยจุกยางที่มีสายยางนำแก๊สที่เชื่อมต่ออยู่กับกระบอกฉีดยา จากนั้น พันจุกยางด้วยแผ่นพาราฟิล์มเพื่อป้องกันการรั่วไหลของแก๊สที่เกิดขึ้น จากนั้นเขย่าขวดรูปชมพู่อย่างต่อเนื่องเพื่อให้สารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับกรดน้ำส้มสายชูอย่างสมบูรณ์ จากนั้น บันทึกปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้นในกระบอกฉีดยา ทำการทดลองในลักษณะเดิมโดยคงปริมาตรน้ำส้มสายชูไว้ที่ 2.00 มิลลิลิตร แต่เพิ่มน้ำหนักของสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตขึ้นครั้งละ ประมาณ 0.02 กรัม รวมทั้งเปลี่ยนชนิดของสารประกอบคาร์บอเนตจากโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ให้ทำการทดลองซ้ำแต่ละจุดอีก 2 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแก๊สที่เกิดขึ้น

2. วิธีการทางการศึกษา

ในด้านการศึกษา การทดลองนี้ถูกนำไปใช้ห้องเรียนเรื่องปริมาณสัมพันธ์ หัวข้อความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารในสมการเคมี การหาสารกำหนดปริมาณ สารเหลือ และผลได้ร้อยละ ในเบื้องต้น ครูจะเป็นผู้สาธิตการทดลองเพื่อให้นักเรียนได้รู้จักสารเคมีที่ใช้ ทักษะที่เป็นพื้นฐานในการปฏิบัติ และขั้นตอนของการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ภายหลังจากการสาธิต นักเรียนจะเป็นผู้ที่ได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง วิธีสอนในลักษณะนี้เป็นการมองประสบการณ์ตรงให้กับผู้เรียนและเป็นการสอนที่มุ่งให้เกิดการผสมผสานระหว่างทฤษฎีและภาคปฏิบัติ นักเรียนจะได้ทำการทดลองเป็นกลุ่มกลุ่มละ 3-5 คน หลังจากที่ได้ทำการทดลองด้วยตนเอง นักเรียนแต่ละกลุ่มในห้องเรียนอภิปรายผลการทดลองและแลกเปลี่ยนความคิดระหว่างผลการทดลองจริงกับทฤษฎี

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในเบื้องต้น จะขอกล่าวถึงผลการวิจัยและอภิปรายผลจากการทดลองทางวิทยาศาสตร์ จากปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) กับกรดแอซิติกจากน้ำส้มสายชู สมการเคมีเป็นดังนี้

$$NaHCO_3(s) + CH_3COOH(aq) \longrightarrow CH_3COONa(aq) + H_2O(l) + CO_2(g) \qquad (1)$$

จากสมการข้างต้น ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจะได้เกลือโซเดียมแอซิเตด (CH_3COONa) น้ำ (H_2O) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นสารผลิตภัณฑ์ จากการทดลองดังกล่าว เราสามารถศึกษาปริมาณสัมพันธ์จากการวัดปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นได้โดยใช้กระบอกฉีดยาซึ่งเป็นเป็นอุปกรณ์วัดปริมาตรที่หาได้ง่าย ตารางที่ 1 แสดงปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำส้มสายชู (ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร) และโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (ผงฟู) จากนั้นนำผลในการทดลองแต่ละครั้งมาสร้างกราฟระหว่างน้ำหนักของผงฟูกับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จากภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่าเมื่อคงปริมาตรน้ำส้มสายชูไว้ที่ 2 มิลลิลิตร ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณของผงฟูที่ใช้ ในการทดลองช่วงต้น เมื่อเพิ่มน้ำหนักของผงฟูให้มากขึ้น ตั้งแต่ 0.02-0.14 กรัม พบว่าปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ แสดงว่า ในช่วงดังกล่าวนี้ผงฟูเป็นสารกำหนดปริมาณ (limiting reagent) ส่วนน้ำส้มสายชูเป็นสารที่มากเกินพอ (excess) นั่นหมายความว่า การทดลองแต่ละครั้งในช่วงนี้จะมีน้ำส้มสายชูบางส่วนที่เหลือ

จากปฏิกิริยา ต่อมาเมื่อทำการทดลองต่อไปเรื่อยๆ โดยเพิ่มปริมาณผงฟูให้มากขึ้น พบว่า น้ำหนักของผงฟูในช่วง 0.16-0.26 กรัม ปริมาตรแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มคงที่ ถึงแม้ว่าจะใช้ผงฟูในปริมาณที่มากขึ้นก็ตาม แสดงว่า ในช่วงดังกล่าวนี้น้ำส้มสายชูเป็นสารกำหนดปริมาณ ส่วนผงฟูกลายเป็นสารที่มากเกินพอแทน เราสามารถหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาหรือจุดที่สารสองตัวทำปฏิกิริยาพอดีกันได้จากจุดตัดของกราฟที่มีการเปลี่ยนแปลงของความชัน จากกราฟที่แสดงในภาพที่ 3 พบว่า ผงฟูจำนวน 0.14 กรัม เป็นน้ำหนักทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดน้ำส้มสายชู ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร แล้วได้ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวน 42 มิลลิลิตร ผลการทดลองที่ได้ในส่วนนี้ให้ผลที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากงานวิจัยของ Artdej and Thongpanchang (2008)

เพื่อศึกษาปริมาณสัมพันธ์ของปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชู เราจึงเปลี่ยนชนิดของสารประกอบคาร์บอเนตจากโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต จากนั้น ทำการทดลองในลักษณะเช่นเดียวกันที่กล่าวแล้วในการทดลองระหว่างโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชู สมการเคมีจากปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) กับกรดแอซิติกจากน้ำส้มสายชูเป็นดังนี้

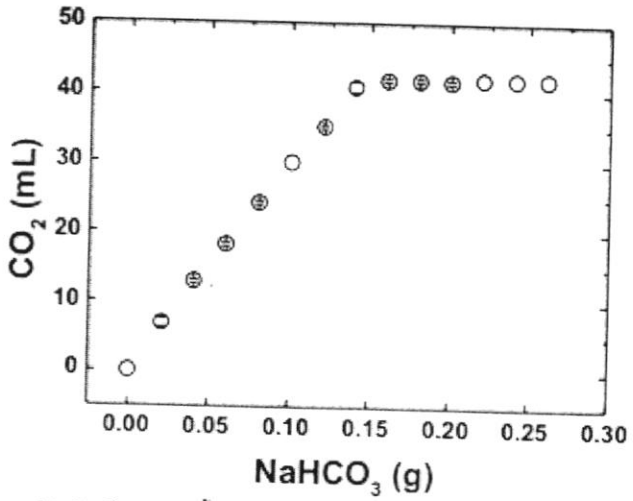
$$CaCO_3(s) + 2CH_3COOH(aq) \rightarrow (CH_3COO)_2Ca(aq) + H_2O(l) + CO_2(g) \qquad (2)$$

เช่นเดียวกับปฏิกิริยาของผงฟูกับน้ำส้มสายชู สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) กับกรดแอซิติกจากน้ำส้มสายชูจะได้เกลือของแคลเซียมแอซิเตด ($(CH_3COO)_2Ca$) น้ำ (H_2O) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ตารางที่ 2 แสดงปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำส้มสายชู (ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร) และแคลเซียมคาร์บอเนต จากนั้นนำผลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างน้ำหนักของแคลเซียมคาร์บอเนตกับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น

วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2559

ตารางที่ 1 ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างผงฟูและน้ำส้มสายชู (ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร)

ครั้งที่	$NaHCO_3$ (g)	CO_2 (mL)				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	s.d.
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.02	6.50	6.50	7.50	6.83	0.58
3	0.04	13.00	13.00	12.50	12.83	0.29
4	0.06	18.00	18.50	18.00	18.17	0.29
5	0.08	24.50	24.00	24.00	24.17	0.29
6	0.10	30.00	30.00	30.00	30.00	0.00
7	0.12	35.00	35.50	35.00	35.17	0.29
8	0.14	41.50	40.00	41.00	40.83	0.77
9	0.16	42.00	41.50	42.00	41.83	0.29
10	0.18	41.50	42.00	42.00	41.83	0.29
11	0.20	42.00	41.50	41.50	41.67	0.29
12	0.22	42.00	42.00	42.00	42.00	0.00
13	0.24	42.00	42.00	42.00	42.00	0.00
14	0.26	42.00	42.00	42.00	42.00	0.00



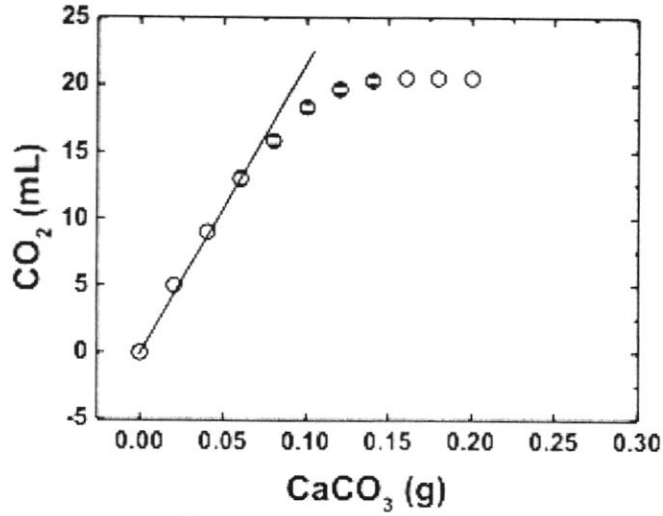
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) กับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้นที่สภาวะ อุณหภูมิ 305.67 เคลวิน ความดัน 0.98 บรรยากาศ

จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่า เมื่อพิจารณาในน่าหนักของของแข็งที่เท่ากัน ปริมาตรของแก๊สที่วัดได้จากปฏิกิริยาของแคลเซียมคาร์บอเนตกับน้ำส้มสายชูจะมีค่าน้อยกว่าผงฟู อย่างไรก็ตาม แนวโน้มของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายกันกับปฏิกิริยาของผงฟูกับน้ำส้มสายชู ในช่วงเริ่มต้น เมื่อเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต (0.02-0.12 กรัม) ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต กล่าวคือ แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารกำหนดปริมาณ (limiting reagent) ส่วนน้ำส้มสายชูเป็นสารมากเกินพอ (excess) ต่อมาเมื่อเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตให้มากขึ้น (0.16-0.20 กรัม) ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มคงที่ นั่นแสดงว่า น้ำส้มสายชูเป็นสารกำหนดปริมาณ ส่วนแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารมากเกินพอแทน เราสามารถหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชูโดยอาศัยหลักการที่กล่าวแล้วจากจุดตัดของกราฟที่มีการเปลี่ยนแปลงของความชันจากกราฟ พบว่า น้ำหนักของแคลเซียมคาร์บอเนตเท่ากับ 0.09 กรัม เป็นจุดสมมูลที่แคลเซียมคาร์บอเนตทำปฏิกิริยาพอดีกับน้ำส้มสายชู 2.00 มิลลิลิตร แล้วได้ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวน 20.5 มิลลิลิตร ปริมาณสัมพันธ์ที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตกับกรดแอซิติก

ให้ผลที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Fagerlund, Zevenhoven, Huldén, and Södergård (2010)

ตารางที่ 2 แสดงปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำส้มสายชู (ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร) และแคลเซียมคาร์บอเนต

ครั้งที่	$NaHCO_3$ (g)	CO_2 (mL)				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	s.d.
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.02	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00
3	0.04	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00
4	0.06	13.00	12.50	13.50	13.00	0.50
5	0.08	16.00	15.50	16.00	15.83	0.29
6	0.10	18.50	18.00	18.50	18.33	0.29
7	0.12	19.50	19.50	20.00	19.67	0.29
8	0.14	20.50	20.00	20.50	20.33	0.29
9	0.16	20.50	20.50	20.50	20.50	0.00
10	0.18	20.50	20.50	20.50	20.50	0.00
11	0.20	20.50	20.50	20.50	20.50	0.00



ภาพที่ 4 ความพันธ์ระหว่างน้ำหนักของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) กับปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้นที่สภาวะ อุณหภูมิ 305.67 เคลวิน ความดัน 0.98 บรรยากาศ

จากผลการสาธิตทดลองทั้งสอง ปริมาตรแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น ณ จุดสมมูลมีค่าแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าน้ำหนักของสารประกอบคาร์บอเนตและปริมาตรของน้ำส้มสายชูจะมีค่าเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องมาจากอัตราส่วนโมลของสารที่เข้าทำปฏิกิริยาในสมการเคมีไม่เท่ากัน กล่าวคือ ในสมการที่ (1) $NaHCO_3$ ทำปฏิกิริยาพอดีกับ CH_3COOH ในอัตราส่วนโมลเป็น 1:1 ส่วนสมการที่ (2) $CaCO_3$ ทำปฏิกิริยาพอดีกับ CH_3COOH ในอัตราส่วนโมลเป็น 1:2 ตามลำดับ ดังนั้น เมื่อใช้จำนวนโมลของคาร์บอเนตในปริมาณที่เท่ากัน ปฏิกิริยาจาก $NaHCO_3$ จึงใช้กรดน้ำส้มสายชูน้อยกว่า จุดสมมูลจึงเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าและมีปริมาตรเป็นสองเท่าของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากปฏิกิริยาของ $CaCO_3$ กับกรดน้ำส้มสายชู

ภายหลังจากที่ครูนำการทดลองนี้ไปสาธิตในห้องเรียน นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ถึงแม้ว่าต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือจำนวนมาก นักเรียนส่วนใหญ่มีความสนใจต่อการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองอย่างมาก ได้รู้การใช้และการเก็บรักษาเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนรู้จักให้ความร่วมมือเพื่อนในกลุ่ม จากการตรวจผลงาน นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจากปฏิกิริยาได้ ผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกับทฤษฎี ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายในชั้น

เรียน จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน พบว่า การเปิดโอกาสได้ฝึกฝนความรู้ความเข้าใจจากทฤษฎีที่เรียนมามีส่วนช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการหาสารกำหนดปริมาณ สารเหลือ และคำนวณหาผลได้ร้อยละ

สรุปผลการวิจัย

การทดลองนี้มีประโยชน์อย่างมากในการสาธิตและอธิบายสารกำหนดปริมาณโดยอาศัยปฏิกิริยาจากสารเคมีในชีวิตประจำวันระหว่างสารประกอบคาร์บอเนตกับกรดน้ำส้มสายชู จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารในสมการเคมีที่เกี่ยวข้อง เราสามารถคำนวณหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาได้จากจุดตัดของกราฟที่มีการเปลี่ยนแปลงของความชันเมื่อเปรียบเทียบกับ $CaCO_3$ ที่จุดสมมูล พบว่า ปริมาตรแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่าง $NaHCO_3$ กับกรดแอซิติกจากกรดน้ำส้มสายชูจะมีค่าเป็นลองเท่าซึ่งสอดคล้องกับสมการเคมี นอกจากนี้ การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในชั้นเรียนมีส่วนช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการหาสารกำหนดปริมาณ สารเหลือ และคำนวณหาผลได้ร้อยละได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้น การทดลองชุดนี้น่าจะเป็นที่สนใจสำหรับครูและนักเรียนทุกระดับชั้นในการศึกษาสารกำหนดปริมาณ โดยเฉพาะโรงเรียนในเขตชนบท

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากแก๊สเป็นสารที่เกิดการรั่วไหลได้ง่าย อุปกรณ์ในการเก็บแก๊สบริเวณที่มีรอยต่อต้องปิดด้วยพาราฟิล์มให้สนิทเพื่อป้องกันการรั่วไหลของแก๊สที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ อุณหภูมิและความดันของบรรยากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ก็อาจมีผลต่อปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้นได้ ทั้งนี้ ครูควรทำการทดลองในช่วงที่อุณหภูมิและความดันคงที่เพราะปัจจัยทั้งสองมีผลต่อการแพร่ขยายของแก๊ส หรือไม่ก็แก้ปัญหานี้โดยใช้อุปกรณ์เพิ่มมากขึ้นเพื่อทำการทดลองทั้งหมดพร้อมกัน อย่างไรก็ตาม การให้ลงมือปฏิบัติจริงที่มุ่งให้เกิดการผสมผสานระหว่างทฤษฎีและภาคปฏิบัติจำเป็นต้องใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือจำนวนมาก ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องจึงต้องมากขึ้นด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ ครูผู้สอนยังสามารถนำชุดการทดลองนี้ไปประยุกต์ใช้ในหัวข้ออื่นในรายวิชาเคมีได้ เช่น อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ระยะที่ 3 (พ.ศ. 2556 – 2561) จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

เอกสารอ้างอิง

ทบวงมหาวิทยาลัย. 2541. **เคมี เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์.

Artdej, R. and Thongpanchang, T. 2008. "A Dramatic Classroom Demonstration of Limiting Reagent Using the Vinegar and Sodium Hydrogen Carbonate Reaction". **Journal of Chemical Education**, 85(6): 1382-1384.

Fagerlund, J., Zevenhoven, R., Huldén, S-G. and Södergard, B. 2010. "Gasometric Determination of CO_2 Released from Carbonate Materials" **Journal of Chemical Education**, 87(12): 1372-1376.

Karakstis, K. K., and Van Hecke, G. R. 2000. **Chemistry connections: The chemical basis of everyday phenomena**. London: Academic Press.

Nyasulu, F., Paris, S., and Barlag, R. 2009. "Wash Bottle Laboratory Exercises: Mass of $NaHCO_3$ in an Alka-Seltzer Tablet, Molar Mass of CO_2, and the Ideal Gas Law Constant". **Journal of Chemical Education**, 86(7): 842-844.

Proksa, M. and Tóthová, A. 2006. "Using Balloons for a Dramatic Presentation of the Acid-Bicarbonate Reaction". **Journal of Chemical Education**, 83(10): 1471-1472.

Yu, A. 2010. "Exploring the Ideal Gas Law through a Quantitative Gasometric Analysis of Nitrogen Produced by the Reaction of Sodium Nitrite with Sulfamic Acid". **Journal of Chemical Education**, 87(12): 1369-1371.

วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2559

สารบัญ

Title **Page**

❖ บทวิจารณ์หนังสือ *"ฝั่งขวาแม่น้ำโขง"* เล่ม 1 และเล่ม 2.....1
สุธิดา ดันเลิศ

❖ การพรรณนาภาษาต้ง (กัม)ในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน.....11
Description of Dong (Kam) Language in China
เมชฌ สอดส่องกฤษ

❖ การประเมินผลการจัดทำโครงการ "บอกกล่าวเล่าต่อ" 46
ในการจัดการเรียนการสอน รายวิชาวัฒนธรรมร่วมสมัย
Evaluation of the *Say it Forward* Project of the Contemporary Culture Course
ปิ่นวดี ศรีสุพรรณ

❖ การปฏิรูปตนเองสู่การเป็นครูมืออาชีพ.....66
Teacher Reform to Professional
ประสาท เนืองเฉลิม

❖ การวิเคราะห์ทางวัจนลีลาศาสตร์คลังข้อมูลในชุดรหัสคดี.....75
เรียงตามลำดับอักษรของซู กราฟตัน
Corpus Stylistic Analysis of Sue Grafton's Alphabet Novels
เกรียงไกร วรรธนะเลาหะ

❖ การวิจัยและพัฒนากลไกการขับเคลื่อนการจัดสวัสดิการชุมชน 103
กรณีศึกษาในชุมชนตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
A Research and Development of Driving Mechanism for Community Welfare: A Case Study in Thapho Sub-District, Muang District, Phitsanulok Province
ประสิทธิ์ วิชัย และ ภัทรธิรา ผลงาม

วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2559

สารบัญ (ต่อ)

Title **Page**

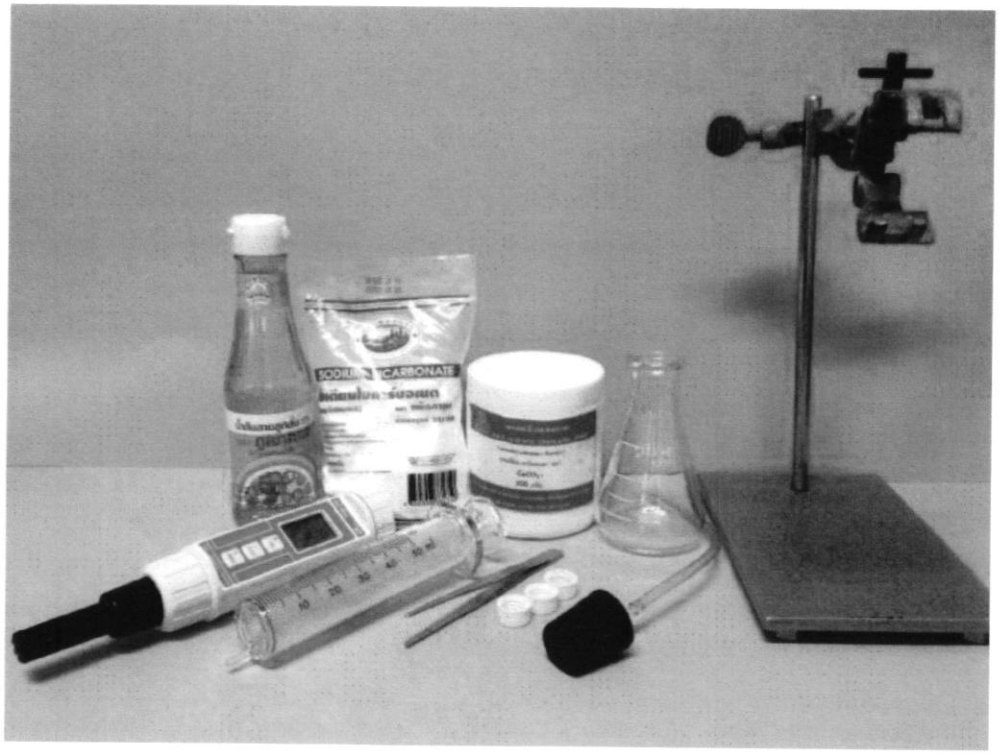
❖ การใช้วงวรรณกรรมในการพัฒนาความสามารถ.....128
ในการเขียนสะท้อนคิด: มุมมองจากแนวทางการเรียนรู้แบบร่วมมือกัน
Using Literature Circles to Promote Reflective Writing Ability:
A Perspective on the Co-operative Learning Approach
Panida Monyanont

❖ การสาธิตทดลองสารกำหนดปริมาณโดยใช้สารเคมีในชีวิตประจำวัน.....147
Experimental Demonstration of a Limiting Reagent using Chemicals in Daily Life
กุมารินทร์ ชาลีแสน, สุภาพ ดาเมือง, ปุรีม จารุจำรัส, มะลิวรรณ อมตรงไชย และเสนอ ชัยรัมย์

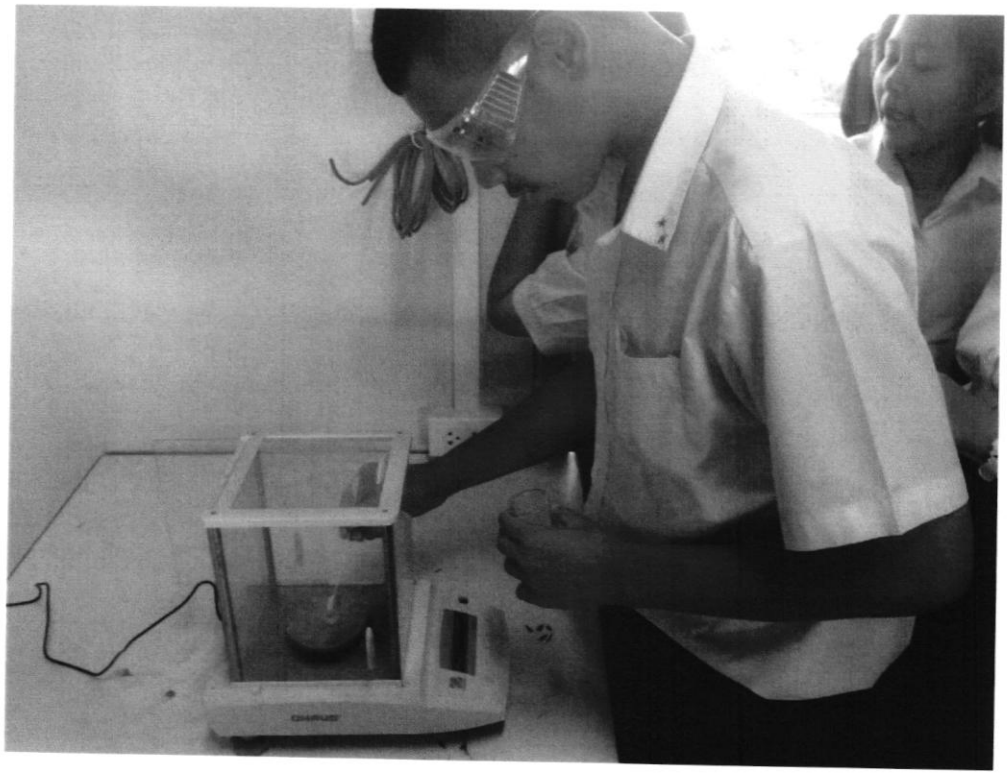
❖ ความสัมพันธ์ระหว่างโลกาภิวัตน์กับค่านิยมพื้นฐานในสังคมไทย.....160
Relationships between Globalization and Basic Values of Thai Society
สุภาวดี ขุนทองจันทร์

❖ คำแนะนำสำหรับผู้เขียน.....186

ภาคผนวก ญ
ภาพประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดการทดลองการทำปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอเนตกับน้ำส้มสายชูโดยใช้กระบอกฉีดยา

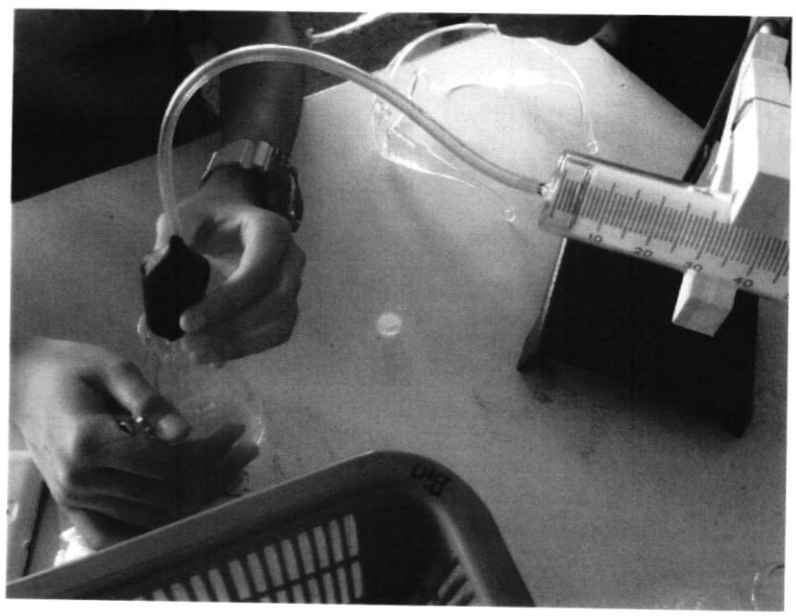


ภาพที่ ญ.1 ตัวอย่างอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง



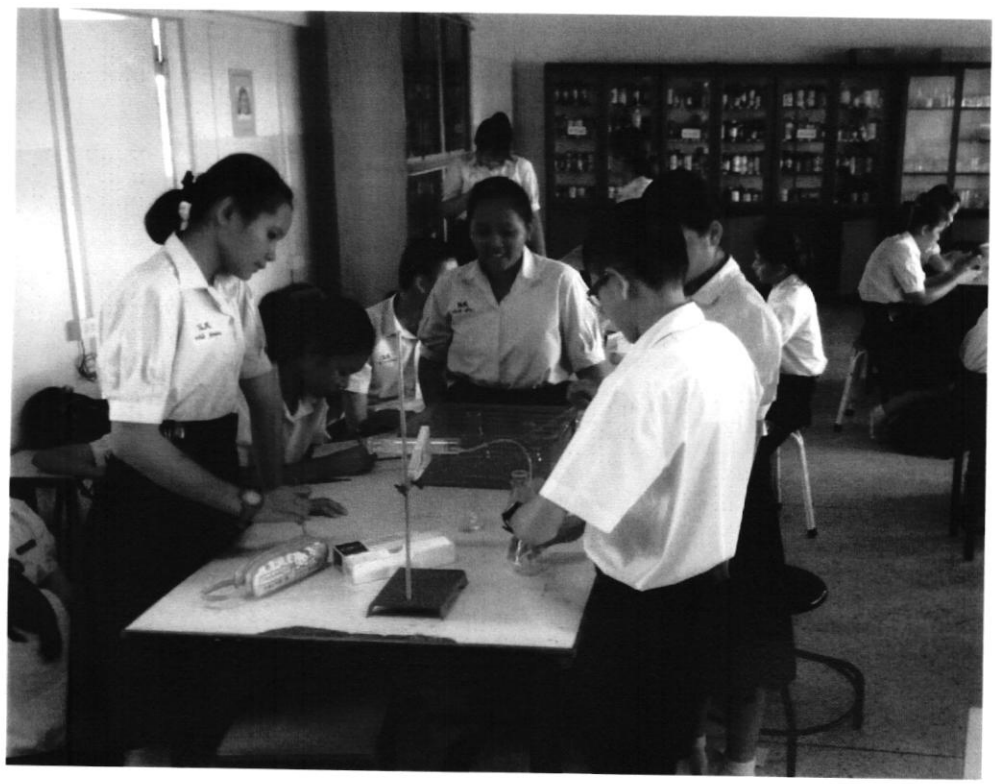
ภาพที่ ญ.2 นักเรียนทำการชั่งสารประกอบคาร์บอเนต

ภาพที่ ญ.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มปิเปตต์น้ำส้มสาบชูเพื่อใส่ลงไปในขวดรูปชมพู่

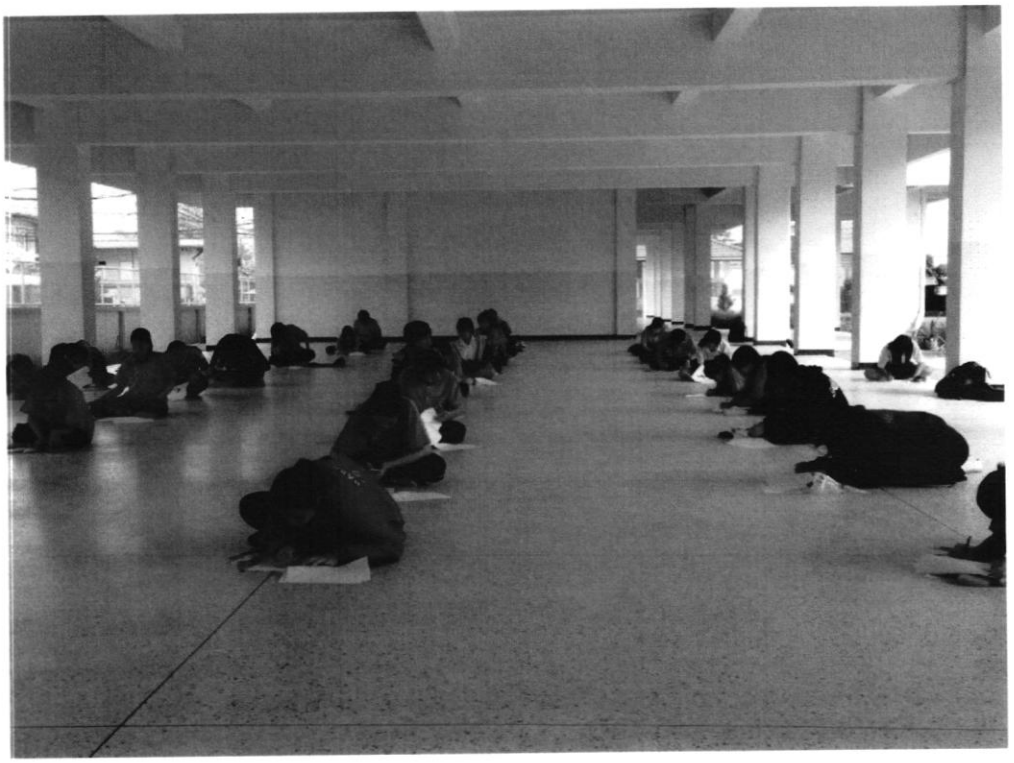


ภาพที่ ญ.4 นักเรียนจัดชุดอุปกรณ์ให้พร้อม

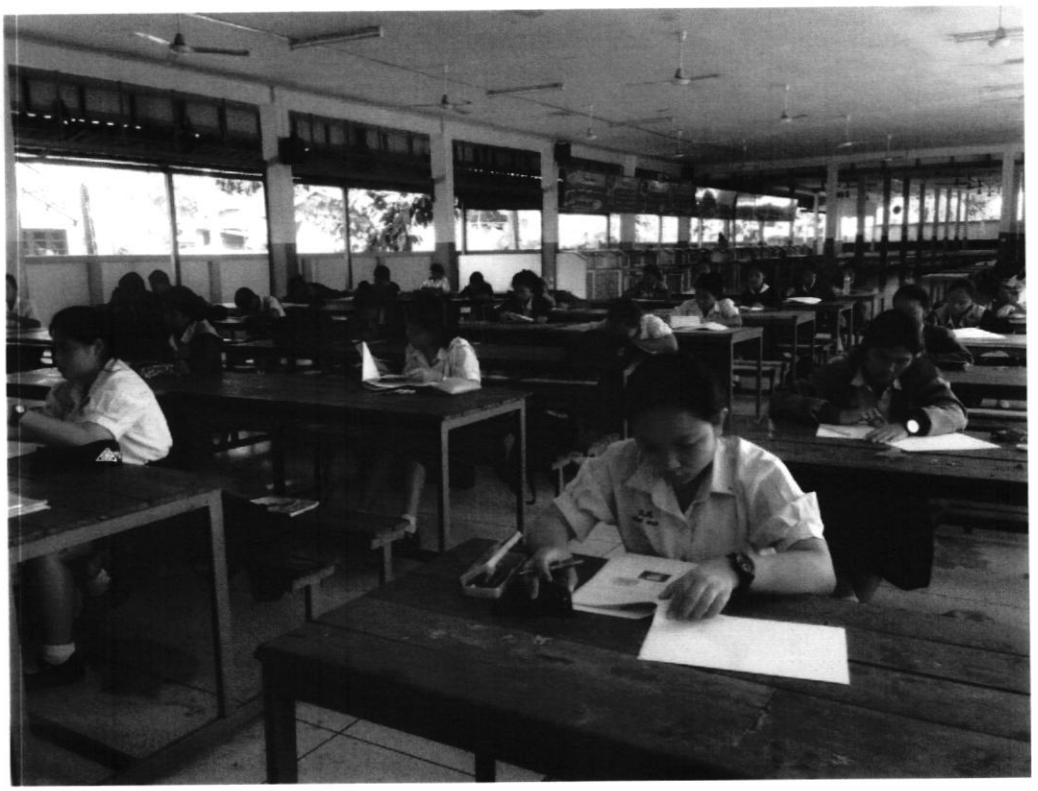
ภาพที่ ญ.5 นักเรียนทำการเขย่าเพื่อให้สารทำปฏิกิริยากัน



ภาพที่ ญ.6 นักเรียนสังเกตปฏิกิริยา ดูปริมาณของแก๊สที่เกิดขึ้นจากกระบอกฉีดยา และบันทึกผลการทดลอง



ภาพที่ ญ.7 นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน



ภาพที่ ญ.8 นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน

สำนักวิทยบริ... มหา... ...อุบลราชธานี

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวกุมารินทร์ ชาลีแสน

ประวัติการศึกษา **วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี**
มหาวิทยาลัยนเรศวร, พ.ศ. 2552
ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, พ.ศ. 2554

ประวัติการทำงาน โรงเรียนโนนสูงศรีธานี
อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา
พ.ศ. 2554-ปัจจุบัน

ตำแหน่ง ครู ค.ศ. 1

สถานที่ทำงานปัจจุบัน โรงเรียนโนนสูงศรีธานี
อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา
โทรศัพท์ 088-5830293
Email; jiroku@hotmail.com

ผลงาน/บทความวิจัย กุมารินทร์ ชาลีแสน, สุภาพ ตาเมือง, ปุริม จารุจำรัส, มะลิวรรณ อมตธงไชย และเสนอ ชัยรัมย์*. “การสาธิตทดลองสารกำหนดปริมาณโดยใช้สารเคมีในชีวิตประจำวัน”, วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 หน้า: 147 - 159, มกราคม – มิถุนายน 2559